



parc national
de
port-cros

CAHIER N°4
1982



PARC NATUREL
REGIONAL
DE LA CORSE

découverte de l'herbier de posidonie

Ch.-F. Boudouresque et A. Meinesz



les auteurs : Professeur Charles-François BOUDOURESQUE
Laboratoire d'Ecologie du Benthos et de Biologie Végétale Marine,
Faculté des Sciences de Luminy,
13288 Marseille cedex 9.

Docteur Alexandre MEINESZ
Laboratoire de Biologie et d'Ecologie Marines,
Faculté des Sciences de Nice,
Parc Valrose, 06034 Nice cedex.

les éditeurs : PARC NATIONAL DE PORT-CROS,
Castel Ste-Claire, Rue Ste-Claire, 83400 Hyères.
PARC NATUREL RÉGIONAL DE LA CORSE,
Rue Général Fiorella, Palais Lantivy, 20000 Ajaccio.
G.I.S. POSIDONIE, Le Hameau Agricole, 83400 Porquerolles.

avant-propos

POSEIDON, divinité mythologique grecque dont l'image nous est familière, régnant sur l'océan armé de son trident, eût sans doute été passablement surpris s'il avait su qu'un jour il prêterait son nom à une composante bien modeste du règne végétal.

Il est vrai qu'il s'agit d'une plante à fleurs et à fruits et le monde végétal en recèle fort peu qui se soient adaptés à la vie sous-marine.

Car le milieu marin n'est pas l'apanage exclusif des algues. On y trouve des végétaux qui s'inscrivent au plus haut niveau du monde des plantes. Ils sont dotés d'un appareil végétatif complet, associant feuilles, tiges et racines. Ils fleurissent, ils fructifient, ils fabriquent cette petite merveille qui a marqué d'un sceau indélébile l'évolution des végétaux : la graine, capable à la fois de protéger pour un temps et de disséminer à distance tout un potentiel génétique que des vagues innombrables d'individus ont mis des millénaires à édifier.

En ornant son frêle feuillage du patronyme du Dieu de la Mer, en appelant Posidonie cette petite fleur des mers, le grand LINNÉ, l'un des Pères de la classification du monde vivant savait-il qu'il désignait du doigt l'une des composantes les plus fondamentales de l'équilibre de nos rivages ?

Et pourtant, sans couleurs, sans parfums, sans aucun de ces charmes subtils qui soulignent l'élégance et la beauté du règne végétal, en quoi cette petite fleur des mers pouvait-elle intéresser les hommes ?

Force est de reconnaître qu'après avoir été promue au rang d'une Princesse, la Posidonie a croupi longtemps au fond des oubliettes...

Il est vrai que la connaissance du milieu marin imposait aux hommes des servitudes particulières. Il leur fallait s'incorporer à part entière au milieu qu'ils voulaient étudier pour soupçonner d'abord, découvrir, décortiquer et rebâtir ensuite la trame extraordinairement complexe de toutes les composantes qui forgent et façonnent un milieu vivant en perpétuelle évolution.

Certes, les progrès enregistrés dans les techniques d'exploration sous-marine au cours des trente dernières années ont contribué à élargir considérablement l'éventail de nos connaissances. Les prairies de Posidonies ont aujourd'hui dévoilé une part non négligeable des secrets qu'elles détenaient. Mais des volets entiers de leur écologie demeurent mal connus, qu'il s'agisse de la plante elle-même (structure anatomique, physiologie de la croissance, germination des graines, développement des jeunes plants) ou de la communauté vivante qu'elle conditionne dont la composition comme la dynamique sont loin d'être convenablement élucidées.

Je ne voudrais surtout pas déflorer l'ouvrage que je présente. Les auteurs ont eu le mérite de synthétiser, en utilisant un langage à la fois précis, clair et accessible à tous, l'état actuel des connaissances acquises sur un type de peuplement qui commande, pour une large part, l'équilibre écologique des zones littorales marines de Méditerranée.

Ils n'ignoraient pas que, pour tout ce qui touche aux données scientifiques, la vulgarisation est une tâche ardue. Ils savaient également que, depuis quelques courtes années, une petite fleur de la mer, sans corolle, sans attraits affriolants, s'était échappée de son écrin de nature ou de l'enceinte plus ou moins austère et réservée des laboratoires de recherche pour intéresser tous ceux dont les responsabilités s'exercent dans le cadre de la gestion socio-économique et de l'aménagement d'un littoral fragile et menacé.

L'herbier de Posidonies, facteur important de l'oxygénation des eaux, fixateur des masses sédimentaires, régulateur des houles et protecteur des plages, frayère naturelle et réservoir immense de ressources vivantes, méritait d'être mieux connu de tous.

Voilà qui est fait.

Professeur Roger MOLINIER,
Président du Comité Scientifique
du Parc National de Port-Cros.
Président du Comité Scientifique
de la Réserve Naturelle de Scandola.



Fig. 1 : Biologiste plongeur dans l'herbier de posidonies de la baie de Port-Cros.

rencontre avec la posidonie

Vous qui fréquentez les rivages méditerranéens, vous connaissez la posidonie, même lorsque vous en ignorez le nom.

Regardez : ces feuilles en longues lanières vertes qui ondulent sous la surface, c'est la posidonie.

Ces millions de feuilles rejetées en épaves sur les plages, brunes et hachées, formant un tapis moelleux que l'on nomme *banquette*, ce sont les feuilles mortes de posidonies. Vous les avez peut-être jugées inesthétiques, et les plagistes les éliminent consciencieusement, sans doute à tort comme nous le verrons plus loin.

N'avez-vous pas rencontré sur les plages de curieuses pelotes de fibres ? ce sont encore des sous-produits de la posidonie, dont nous expliquerons la genèse.

Si vous fréquentez les plages du Var ou de la Corse au début de l'été, vous y avez peut-être remarqué, certaines années, des olives ; *un chargement d'olives tombé à la mer*, avez-vous pensé ; mais ce sont encore les posidonies, ou plutôt leurs fruits, si semblables à des olives qu'on les nomme *olives de mer*.

La posidonie, c'est encore un bon mouillage pour les plaisanciers, une excellente zone de pêche pour les riverains ; la posidonie constitue réellement un élément de base du paysage marin de Méditerranée.

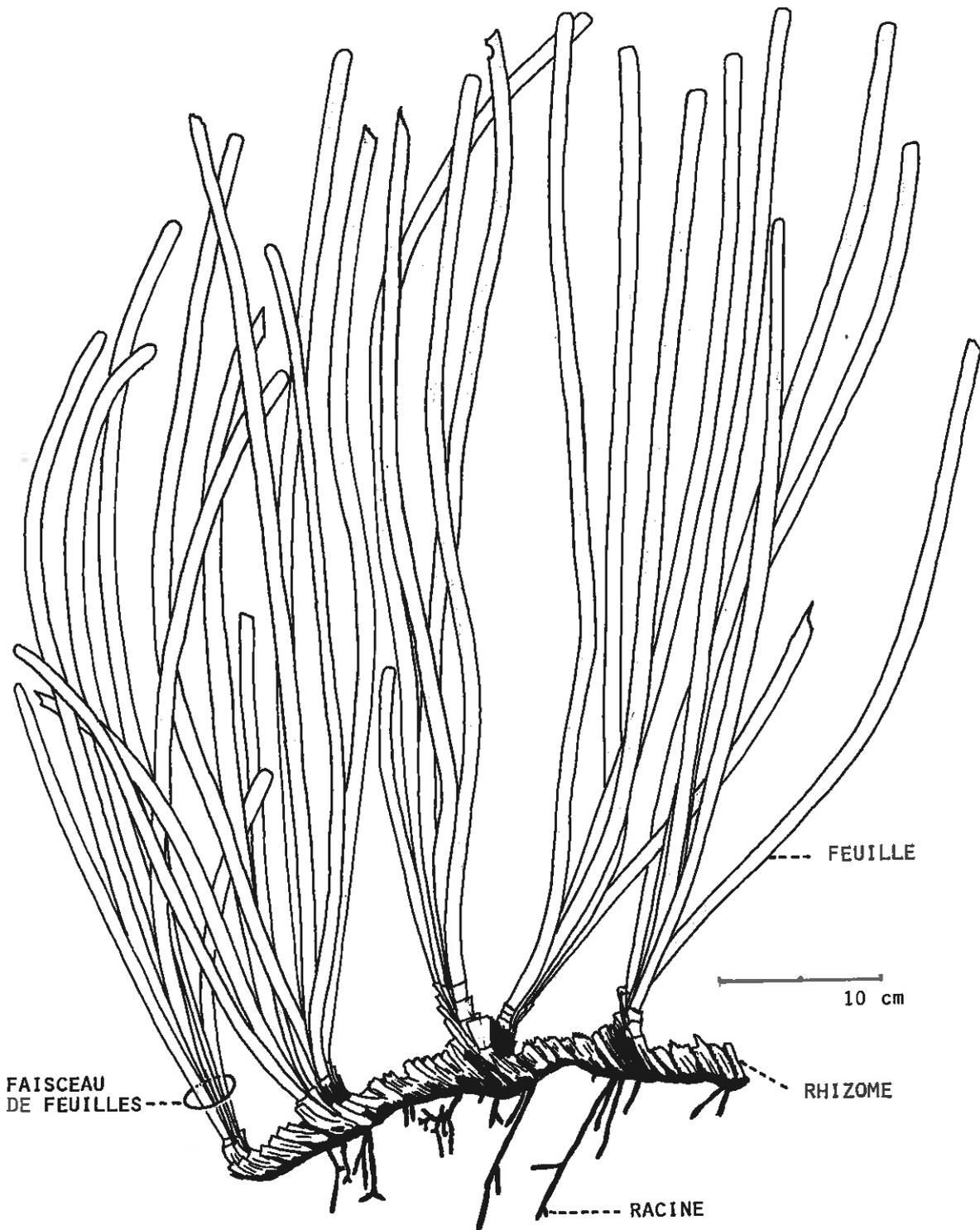
FICHE SIGNALÉTIQUE.

La posidonie (en latin *Posidonia oceania*) est constituée par des tiges rampantes ou dressées, généralement enfouies dans le sédiment (et que l'on nomme donc *rhizomes*), terminées par des groupes de feuilles que l'on nomme *faisceaux* (Fig. 2, 3). Chaque faisceau comprend 4 à 8 feuilles ; les feuilles sont larges d'environ 1 cm (8 à 11 mm) et longues de 20 à 80 cm (le record connu est de 142 cm : GIRAUD et coll., 1979).

A leur mort, les feuilles ne tombent pas entièrement : seul le *limbe* se détache, tandis que la base des feuilles (équivalent d'un *pétiole*) demeure attachée au rhizome, auquel elle contribue à donner son aspect caractéristique ; on distingue sous le nom d'*écailles* les pétioles d'anciennes feuilles qui recouvrent les rhizomes (Fig. 3).

DES FLEURS SOUS LA MER.

A la différence des algues (végétaux sans fleurs et sans racines), les posidonies sont des *plantes à fleurs* (Phanérogames). Curieusement, c'est à la fin de l'été (août-septembre) ou plus généralement en automne (octobre-novembre) qu'elles fleurissent.



Les fleurs sont *hermaphrodites*, c'est-à-dire à la fois mâles et femelles. 4 à 10 fleurs sont groupées en une *inflorescence* au sommet d'un pédoncule de 10 à 30 cm. de long (Fig. 4).

Un herbier de Posidonies en fleur ne ressemble pas du tout à un champ de coquelicots : les fleurs de posidonies ne sont que vertes, souvent cachées par les longues feuilles, et difficiles à apercevoir ; c'est que, sous la mer, il n'y a point d'insectes pour disséminer le pollen et assurer la fécondation : la *publicité* par les couleurs vives est donc inutile... La posidonie s'est donc adaptée : son pollen forme des filaments visqueux qui dérivent au gré des courants ; les organes femelles (*ovaires*), de leur côté, se sont adaptés à la capture de ce pollen filamenteux : ils sont équipés de denticulations compliquées (*stigmates*) qui l'accrochent au passage (Fig. 4D).

MILLÉSIMES.

Bien peu de plongeuses ont eu le privilège de se faire offrir un bouquet de fleurs de posidonies par leur plongeur préféré.

D'abord parce que les plongeurs évitent généralement l'herbier pour des beautés plus faciles telles que les grottes et les tombants ; ils ont tort : l'herbier mérite un détour.

Ensuite parce que la plupart d'entre vous avez quitté les eaux fraîchissantes de la Méditerranée pour le bureau, l'atelier, l'officine, à l'époque où fleurissent les posidonies. Du reste, vous avez pu plonger sur un herbier en fleurs sans vous en rendre compte, tant ces fleurs savent se cacher.

 Fig. 3 : Aspect général d'une posidonie. On distingue le rhizome rampant, les racines, 6 faisceaux de feuilles. Le rhizome est couvert d'écailles (bases d'anciennes feuilles). Certaines feuilles sont cassées ou présentent des traces de broutage.

Enfin et surtout parce que, sur nos côtes, la floraison des posidonies ne se produit pas tous les ans : peut-être une année sur deux, et seulement dans des secteurs assez localisés (GIRAUD, 1977). A Port-Cros, deux floraisons seulement ont été signalées : automne 1975 (GIRAUD, 1976) et automne 1981

QUELQUES NOMS POPULAIRES DE LA POSIDONIE

La Posidonie elle-même :

Français	Algue Chiendent de mer Paille de mer
Provençal	Aougo, Aoubo de mar
Italien	Alga marina maggiore Allega, Aliga
Dialecte d'Istrie	Baro Cannella
Dialecte de Naples	Alega
Dialecte de Majorque	Alga marina
Dialecte de Minorque	Altina
Maltais	Alca
Serbo-croate	Porost, Voga, Svilina
Arabe égyptien (Abu Qir) (Alexandrie)	Shetenara Galamish
Arabe tunisien	Dhria
Dialecte de Kerkennah	Terch
Arabe algérien	Khazz el Bajar Lif el bajar
Anglais	Ocean grass-wrack, Sea-wrack
Allemand	Wasserriemen, Neptungras Alga der Griechen
Turc	Eriste

Les rhizomes de la Posidonie

Provençal Nateau, Natteou

L'herbier de Posidonies

Provençal Found d'aougo
Dialecte de Naples Ciglio

Les fruits de Posidonies

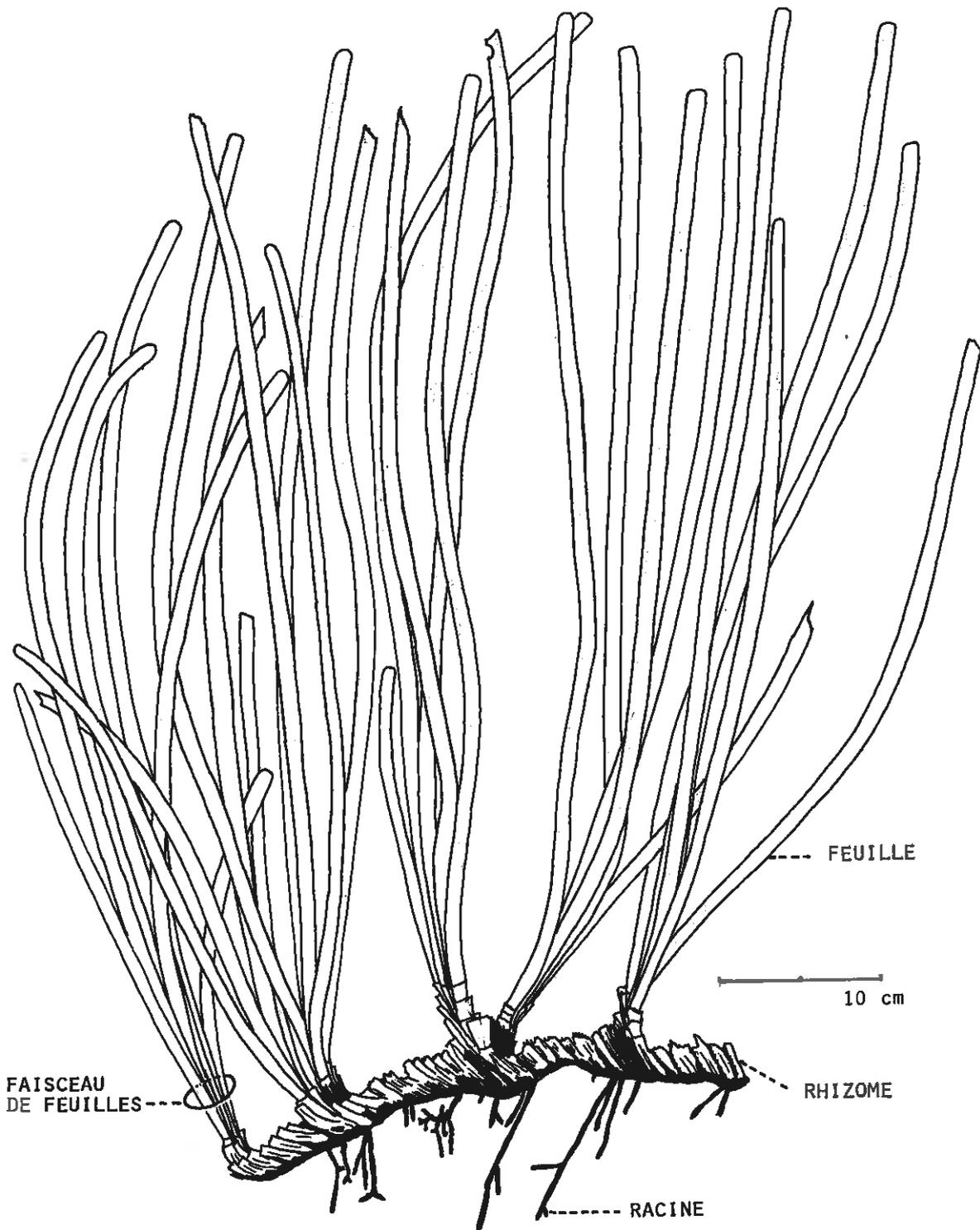
Français Olives de mer
Arabe tunisien Zitoun bhar (signifie "olive de mer")

Ils n'ignoraient pas que, pour tout ce qui touche aux données scientifiques, la vulgarisation est une tâche ardue. Ils savaient également que, depuis quelques courtes années, une petite fleur de la mer, sans corolle, sans attraits affriolants, s'était échappée de son écrin de nature ou de l'enceinte plus ou moins austère et réservée des laboratoires de recherche pour intéresser tous ceux dont les responsabilités s'exercent dans le cadre de la gestion socio-économique et de l'aménagement d'un littoral fragile et menacé.

L'herbier de Posidonies, facteur important de l'oxygénation des eaux, fixateur des masses sédimentaires, régulateur des houles et protecteur des plages, frayère naturelle et réservoir immense de ressources vivantes, méritait d'être mieux connu de tous.

Voilà qui est fait.

Professeur Roger MOLINIER,
Président du Comité Scientifique
du Parc National de Port-Cros.
Président du Comité Scientifique
de la Réserve Naturelle de Scandola.



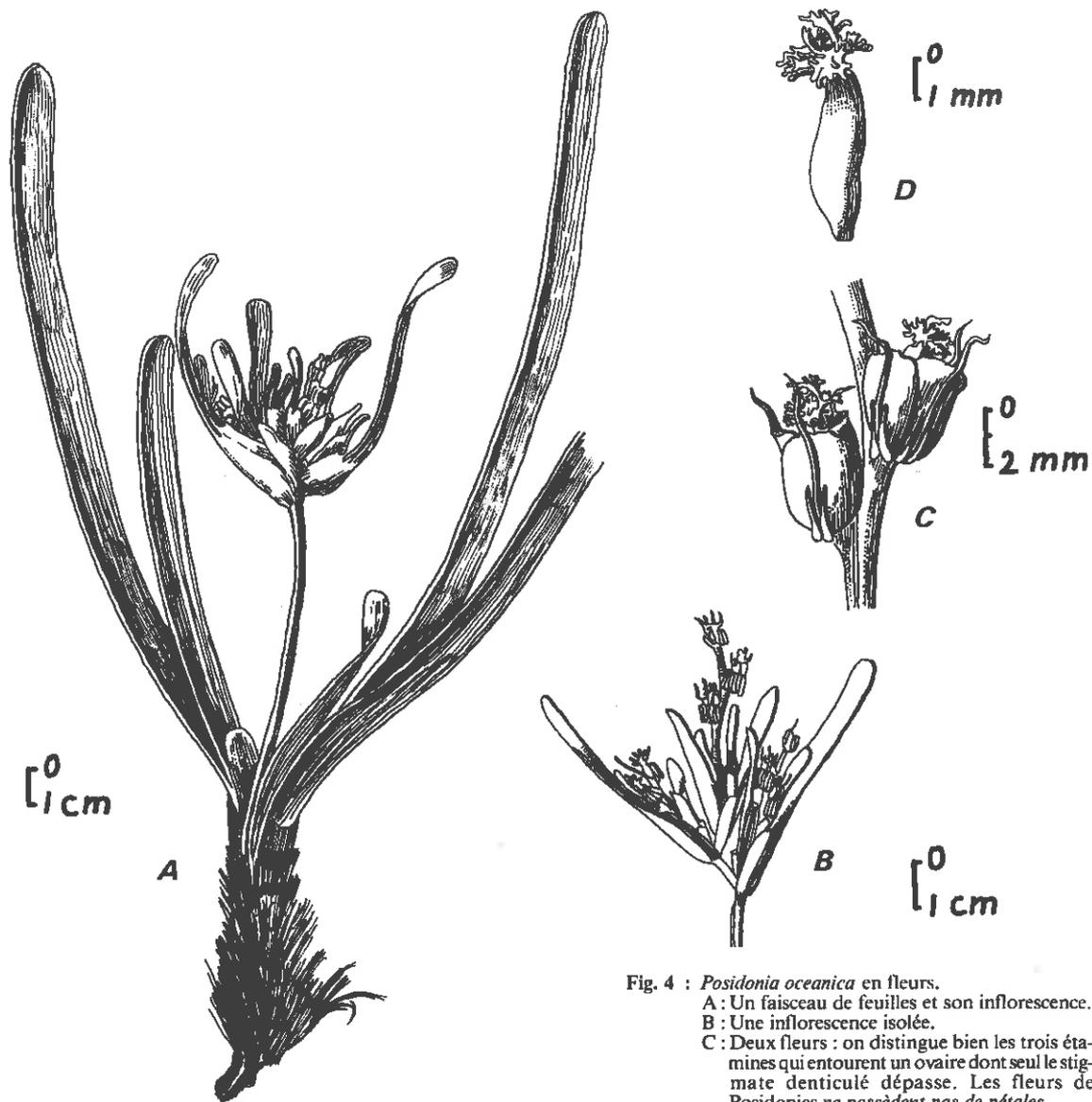


Fig. 4 : *Posidonia oceanica* en fleurs.

A : Un faisceau de feuilles et son inflorescence.

B : Une inflorescence isolée.

C : Deux fleurs : on distingue bien les trois étamines qui entourent un ovaire dont seul le stigmate denticulé dépasse. Les fleurs de *Posidonies* ne possèdent pas de pétales.

D : L'ovaire isolé terminé par le stigmate denticulé. (A d'après CAVOLINI, modifié ; B, D, D d'après DEN HARTOG, 1970).

Date	Localité ou Région	Observateur ou Référence
Octobre 1911	Hyères (Var)	JAHANDIEZ (1914)
Décembre 1912	Fréjus (Var)	Herbier Faculté sciences de Marseille
Automne 1923 ?	Hyères (Var)	Herbier Museum national Histoire naturelle Paris
Automne 1946 ?	Port-Cros (Var)	FERRI
Automne 1949 ?	Minaccia, près d'Ajaccio (Corse)	CONRAD
Automne 1961	De Saint-Mandrier au Brusco (Var)	MOLINIER et ZEVACO, 1961
Automne 1963	Cannes et Estérel (Alpes-Maritimes)	STEVENINO
Été 1967	Le Brusco (Var)	SECCONI
Novembre 1967	Cannes, Théoule (Alpes-Maritimes)	AUGIER et BOUDOURESQUE, 1971
Automne 1967 ?	Punta di a Castagna, golfe d'Ajaccio (Corse)	CONRAD
Automne 1969 ?	Îlot du Toro, Cerbicales (Corse)	CONRAD
Automne 1969 ?	Le Mourillon (Var)	COOPER (1976)
Septembre 1971	Brégançon, Estagnol, Le Mourillon (Var)	ASTIER (1972)
Septembre-Octobre 1971	Hyères, Giens (Var)	JEUDY de GRISSAC
Automne 1973	Région de Cannes (Alpes-Maritimes)	STEVENINO
Septembre 1973	Plateau des Chèvres (Marseille, B.-du-Rh.)	Dragage Station Marine d'Endoume
Automne 1973 ?	Estérel, Cap Bénat, Cap Lardier (A.-M., Var)	BLANC, 1975
Octobre-Novembre 1975	Calvi (Corse)	BAY
Novembre 1975	Port-d'Alon, Le Brusco, Le Mourillon, Cap-Brun, Giens, Salins d'Hyères, Cavalaire (Var)	GIRAUD, COOPER
Novembre 1975	Cannes (Alpes-Maritimes)	MEINESZ
Automne 1975 ?	Port-Cros (Var)	GIRAUD (1976)
Automne 1975 ?	Carry-le-Rouet (B.-du-Rh.)	GIRAUD
Automne 1976 ?	Miomo, près de Bastia (Corse)	MARY et BIANCHI d'après CONRAD
Octobre 1978	Salins d'Hyères (Var)	SECCONI et GIRAUD
Automne 1979 ?	Anse de Rousset (B.-du-Rh.)	VERLAQUE
Automne 1979	Salins d'Hyères (Var)	SECCONI
Automne 1979 ?	Au Sud de Bastia, depuis la Marana jusqu'à la plage de Querciolo (Corse)	CONRAD
Octobre 1981	Baie de Port-Cros (Var)	BOUDOURESQUE

Tableau 1: Floraisons de *Posidonia oceanica* sur les côtes françaises de la Méditerranée, au 20^{me} siècle. Les points d'interrogation signalent les floraisons qui ne sont connues que par les fruits observés au printemps suivant (d'après BOUDOURESQUE, GIRAUD et FERRET, 1977, complété).

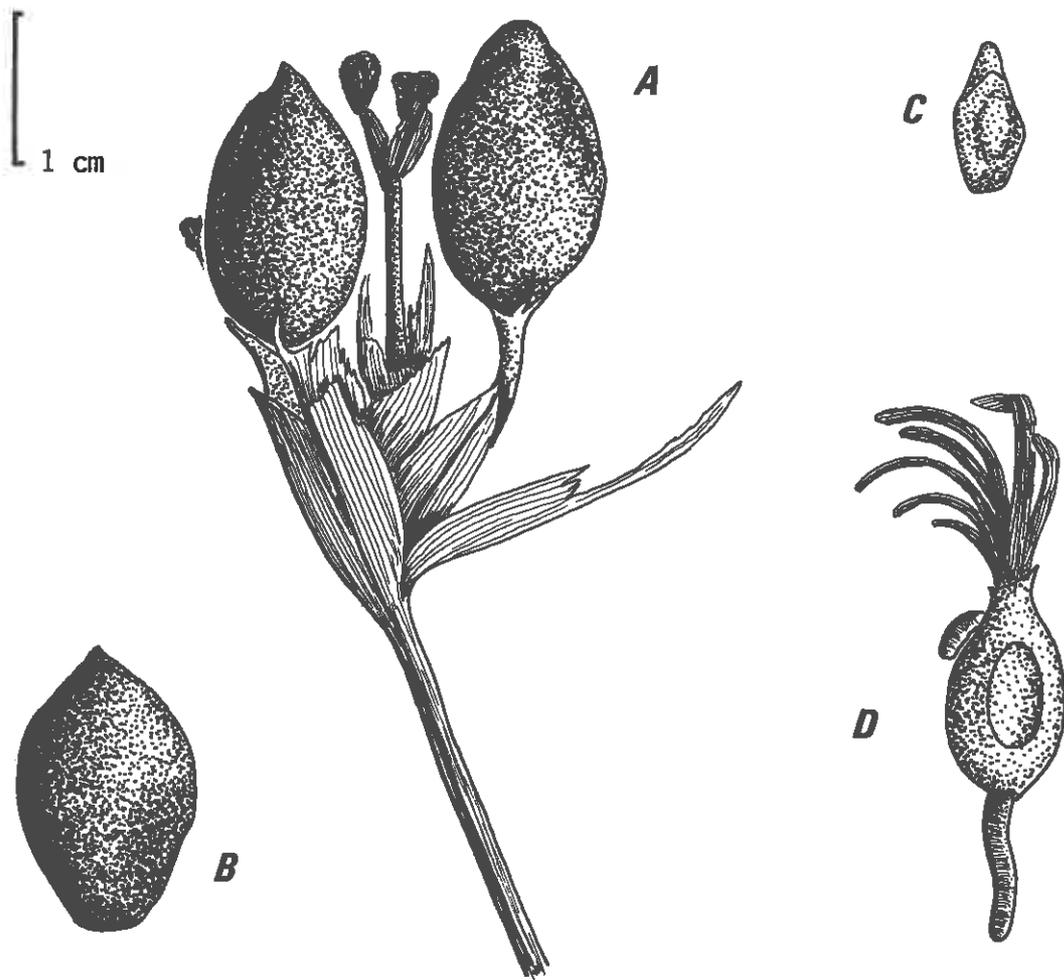


Fig. 5 : A : pédoncule avec deux fruits ("olives de mer") ; les autres fleurs ont avorté.
 B : fruit isolé.
 C : graine.
 D : graine en cours de germination (d'après des spécimens récoltés en 1974 à Giens par G. GIRAUD).

(BOUDOURESQUE, 1982) ; dans les deux cas, les fleurs ont avorté, c'est-à-dire n'ont pas donné naissance à des fruits.

Il semble bien que les eaux de la Méditerranée nord-occidentale soient trop froides pour que les posidonies y fleurissent régulièrement (Tableau 1) ; le *bouturage* naturel, fragments de posidonies cassés et transportés lors des tempêtes, puis s'enracinant à nouveau, semble y constituer le principal mode de multiplication de la plante.

En Méditerranée orientale, la floraison des posidonies paraît plus abondante et plus régulière.

LES OLIVES DE MER.

Il faut 6 à 9 mois aux fruits de Posidonies pour mûrir. Entre mai et juillet (sur les côtes françaises), ils se détachent de la plante mère et flottent un certain temps : selon l'orientation des courants, ils peuvent alors s'échouer en grand nombre sur les plages. Ces fruits ont la forme et la dimension d'une olive ; leur couleur est brun foncé à noir (Fig. 5A et 5B).

La flottaison des fruits est bien sûr destinée à assurer la dissémination de l'espèce ; après quelques jours, l'enveloppe du fruit (*péricarpe*) pourrit et se déchire : la graine (Fig. 5C) tombe vers le fond. Si le substrat et les conditions physico-chimiques du milieu lui conviennent, la germination pourra se produire (Fig. 5D).

POSITONIA OCEANICA : UN NOM MAL CHOISI

Le nom de genre, *Posidonia*, vient de "*Poseidon*", dieu de la mer chez les grecs.

Quant au nom d'espèce, "*oceanica*" (= océanique), on peut à juste titre s'en étonner : en effet, la posidonie est une espèce essentiellement méditerranéenne. Les botanistes du siècle dernier et du début de ce siècle l'ont parfois signalée dans l'océan, au Portugal, sur la côte basque, et même aux Canaries, mais aucun échantillon authentique n'a jamais pu être localisé. On admet aujourd'hui qu'il s'agit de confusions avec la Zostère (*Zostera marina*), qui existe effectivement dans ces régions, ou avec *Thalassia testudinum*, autre Phanérogame marine des... Antilles, dont des fragments isolés pourraient traverser l'Atlantique en flottant, grâce au Gulf-Stream.

D'où vient que LINNÉ, le grand botaniste suédois, lorsqu'il décrit le premier la plante (dans le cadre de la nomenclature moderne), l'ait nommée "*oceanica*" ? LINNÉ voyageait peu ; il n'a en tout cas pas récolté lui-même la Posidonie, et il a pu commettre une erreur quant à la provenance de spécimens reçus sans doute par la poste.

Pourquoi ne change-t-on pas ce nom quelque peu impropre ? Il faut savoir que la nomenclature du règne végétal (300 000 à 500 000 espèces différentes selon les estimations) est régie par le très austère CODE INTERNATIONAL DE LA NOMENCLATURE BOTANIQUE, un ensemble de 85 articles, 238 alinéas, 85 recommandations, sans compter quelques Principes, Dispositions, Indications, Appendices, et de nombreuses Notes... Le nom d'une espèce est en fait une *convention*, régie par des lois complexes et rigides, sans rapport obligatoire avec sa signification. Il en est d'ailleurs de même des noms que nous portons, prénoms ou noms de famille : on connaît des LEBRUN blonds comme les blés, et des Sophie pas très sages.

D'AUTRES PHANÉROGAMES MARINES...

On peut rencontrer en Méditerranée quatre autres espèces de Phanérogames marines :

Zostera marina (Zostère marine) est surtout commune dans les étangs littoraux ; les feuilles ont de 4 à 8 mm de large.

Zostera noltii (Zostère naine) se développe dans les étangs, certains petits fonds, et supporte bien une légère dessalure. Ses feuilles ont 1 à 2 mm de large.

Cymodocea nodosa (la Cymodocée) vit dans des conditions plus variées, à condition que les eaux soient chaudes (au

moins en été). Ses feuilles portent de minuscules dents à leur extrémité.

Halophila stipulacea est entrée en Méditerranée à la fin du siècle dernier par le canal de Suez, en provenance de la Mer Rouge ; elle n'existe, pour le moment, qu'en Méditerranée orientale : Malte est sa localité la plus proche. Ses feuilles sont ovoïdes.

Hors de Méditerranée, l'espèce la plus connue est *Thalassia testudinum* (herbe aux tortues, *turtle grass*), qui ne vit que dans les eaux très chaudes (Antilles par exemple).



Fig. 6 : Un herbier dense de posidonies (baie de Galeria, Parc Naturel Régional de Corse).

un peu d'histoire

LA NUIT DES TEMPS.

La vie est apparue dans les mers, il y a 3 ou 4 milliards d'années. Les premiers végétaux étaient des bactéries et des *Cyanophycées* (algues bleues, très proches des bactéries) ; puis sont venues les *Rhodophytes* (algues rouges), les *Chromophytes* (algues brunes) et les *Chlorophytes* (algues vertes).

Ce sont les algues vertes, parties à la conquête des terres émergées, qui ont donné naissance aux *Bryophytes* (mousses), aux *Ptéridophytes* (fougères) puis aux *Phanérogames* (plantes à fleurs). Cette conquête s'est réalisée au cours de l'*Ere Primaire*, il y a peut-être 400 millions d'années.

LES PHANÉROGAMES MARINES.

Longtemps plus tard, vers la fin de l'*Ere Secondaire*, alors que les Dinosaures géants peuplaient les continents, des Phanérogames continentales qui ressemblaient aux *joncs* actuels *retournent au milieu marin*. Cela se passait il y a environ 120 millions d'années... Elles emportent avec elles des perfectionnements inconnus dans les mers — nous dirions aujourd'hui leur *technologie avancée* — : fleurs et racines en particulier ; et elles vont entrer en compétition avec les végétaux qui ont toujours habité la mer, c'est-à-dire *les algues*.

On a assisté dans le règne animal, à un phénomène comparable : les *mammifères marins* (baleines,

phoques, dauphins, etc.) descendent d'ancêtres *terrestres* ; ils en ont conservé les *poumons* (ils doivent revenir respirer en surface) et ils allaitent leurs petits : ils n'ont donc rien de commun avec les *poissons* qui, n'ayant jamais quitté le milieu marin, sont équipés de *branchies* (leur permettant de respirer sous l'eau) et pondent des œufs.

DES BATISSEURS VULNÉRABLES.

Il n'existe que 54 espèces de Phanérogames marines dans l'ensemble des mers et des océans du monde. Ce chiffre peut paraître dérisoire si on le compare aux *dizaines de milliers d'espèces d'algues* qui y vivent également. Pourtant, partout où elles existent, les Phanérogames marines tiennent le devant de la scène : même lorsque leur rôle n'est pas aussi fondamental que celui des posidonies, ce sont des espèces *dominantes*, des *constructeurs* de fonds ou de paysages, des *bâtisseurs d'écosystèmes*.

Mais, comme toute technologie sophistiquée, comme pour les mammifères, leur degré d'évolution peut constituer un handicap : les Phanérogames marines apparaissent comme relativement fragiles face à l'homme et à la pollution. On remarquera qu'il en est de même dans le règne animal, où les espèces les plus menacées sont souvent des mammifères, des oiseaux, et cela en dépit d'adaptations et d'une compétitivité souvent extraordinaires (les antilopes *Addax* et *Oryx*, les baleines...).

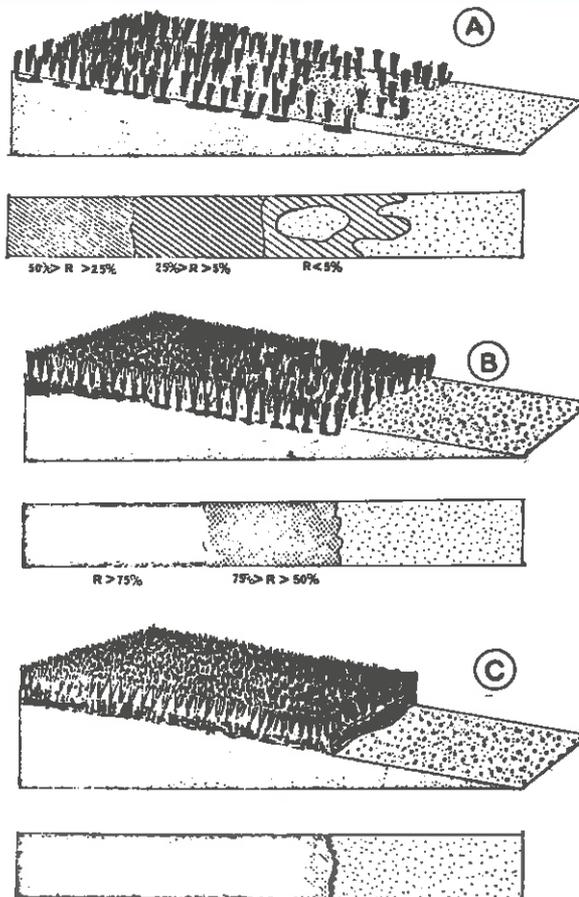
TROIS TYPES DE LIMITE INFÉRIURE

On distingue trois types de limite inférieure de l'herbier de posidonies (MEINESZ et LAURENT, 1978) :

Les limites progressives (A) : le recouvrement du fond par les posidonies est inférieur à 50% et se raréfie progressivement ; des rhizomes horizontaux sont disposés parallèlement dans le sens de la pente ; l'herbier n'édifie pas de matte. Le manque de lumière est le facteur limitant.

Les limites franches (B) : le recouvrement du fond par les posidonies est supérieur à 50% : les rhizomes commencent à présenter une croissance verticale, mais il n'y a pas d'édification de matte. La nature du substrat constitue le facteur limitant.

Les limites érosives (C) : le recouvrement du fond par les posidonies est voisin de 100% ; l'herbier se termine par une falaise de plus de 20 cm de haut. Des courants de fond érodent l'herbier, interdisant sa progression vers de plus grandes profondeurs. Ce type de limite inférieure est le moins fréquent.



une patrie : la méditerranée.

ENDÉMIQUE.

On désigne sous le nom d'*endémique* une espèce dont la répartition est circonscrite à une aire géographique bien déterminée. La posidonie est une endémique méditerranéenne : ses herbiers forment un liseré presque continu tout autour des deux bassins de la Méditerranée. A l'Ouest, les posidonies disparaissent aux alentours de Gibraltar ; à l'Est, elles sont absentes de la Mer de Marmara, du Bosphore et de la Mer Noire.

Sur les côtes continentales de France, les posidonies sont rares à l'Ouest du Rhône, de la Camargue à la frontière espagnole, mais constituent une bande presque continue de Marseille à la frontière italienne (Fig. 7). Cette bande d'herbier est étroite lorsque la pente sous-marine est forte, mais s'élargit au niveau des baies et des rades.

En Corse, les herbiers de Posidonies sont surtout développés le long de la plaine orientale, ainsi que dans les grands golfes de la côte occidentale (Calvi, Girolata, Sagone, Ajaccio et Valinco).

Les plus vastes herbiers de posidonies de France semblent être ceux du Sud de Bastia, du Golfe-Juan, de la rade d'Hyères (Fig. 10) et de la rade de Giens.

DE LA SURFACE A 30-40 m DE PROFONDEUR.

Les posidonies peuvent approcher de très près la surface de la mer. Dans les baies abritées et à marée basse, leurs feuilles peuvent même dépasser cette surface. C'est le cas en particulier dans le fond de la baie de Port-Cros, au niveau du récif-barrière dont il sera longuement question ici.

En profondeur, la limite atteinte par les posidonies dépend de la transparence de l'eau, et donc de la quantité de lumière qui parvient jusqu'au fond (Fig. 8).

En l'absence de pollution importante, cette limite inférieure se situe généralement, sur nos côtes, entre 30 et 40 m de profondeur ; 34 à 36 m, exceptionnellement 38 m, dans le cas de l'île de Port-Cros ; 36 m dans la baie d'Elbo (Haute Corse).

TEMPÉRATURE ET SALINITÉ.

La posidonie supporte des écarts thermiques relativement importants pour un végétal marin. Dans le *récif-barrière* de la baie de Port-Cros, à une très faible profondeur (30 cm en moyenne), le minimum absolu a été, pour l'ensemble de l'année 1979, de 9°C., et le maximum de 29°C., soit un écart de 20°. A 22 m de profondeur, devant l'entrée de la baie, cet écart n'était plus, pour la même année, que de 14° (AUGIER et coll., 1980).

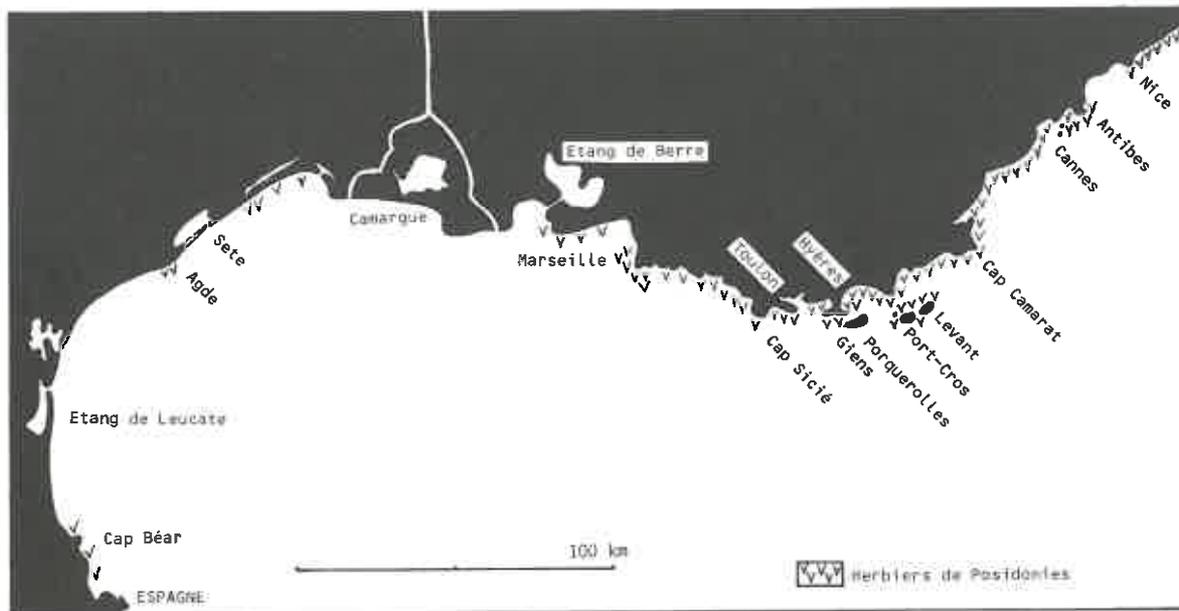


Fig. 7 : Répartition des herbiers de *Posidonia oceanica* le long des côtes françaises continentales de la Méditerranée. On remarque la rareté des herbiers à l'Ouest du Rhône, dans la zone d'épandage des sédiments rhodaniens ; ils forment en revanche un liseré presque continu de Marseille à la frontière italienne.

Il est possible toutefois que les températures trop basses ou trop hautes (moins de 10°, plus de 28°) ne soient supportées qu'à titre exceptionnel. L'absence de la posidonie en Mer Noire est sans doute due, entre autre, aux basses températures hivernales.

La posidonie craint la dessalure ; le long de nos côtes, la salinité de l'eau de mer est généralement comprise entre 37 et 38‰ ; mais la posidonie disparaît devant les embouchures de fleuves côtiers et

est totalement absente de tous les étangs plus ou moins saumâtres de la côte languedocienne ou de la côte orientale de Corse.

VAGUES ET HOULES.

Les herbiers superficiels sont durement attaqués par la mer lors des tempêtes : les vagues arrachent



Fig. 8 : Par 36 m de fond, dans la baie d'Elbo (Parc Naturel Régional de Corse), la limite inférieure de l'herbier de posidonies.

de nombreux rhizomes avec leurs faisceaux de feuilles et en rejettent une partie sur les plages ; d'autres sont entraînés par les courants en profondeur ; enfin, quelques rhizomes constitueront ces *boutures* qui assurent en grande partie la propagation de l'espèce, sur nos côtes où la floraison est rare.

Dans les baies trop peu abritées, par exemple à Port-Cros dans le fond de la baie de La Palud (Fig. 11), de vastes étendues de *matte morte* (herbier mort) sont ainsi le résultat de l'action des vagues. Nous prendrons bien soin de distinguer ces mattes mortes d'origine naturelle des mattes mortes, beaucoup plus étendues, dont l'homme est directement ou indirectement responsable.

L'agitation de l'eau, les houles et les courants sont également responsables du creusement des *inter-mattes*, *rivières de retour* et *tombants de matte* dont il sera question plus loin.

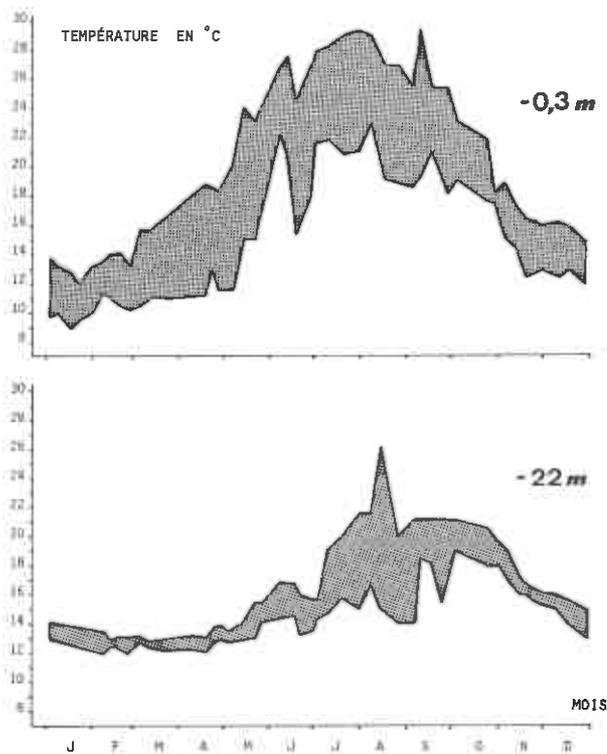
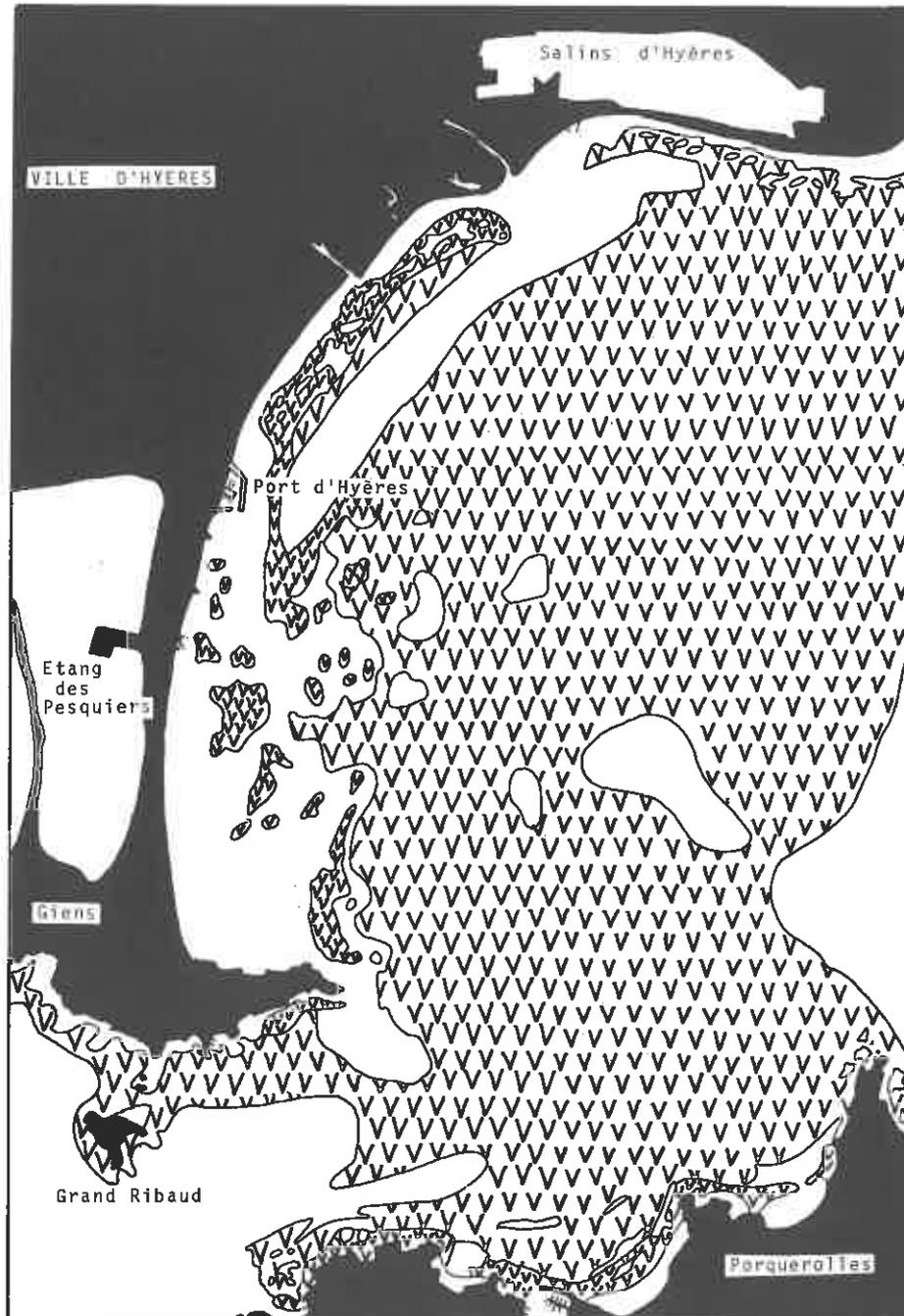
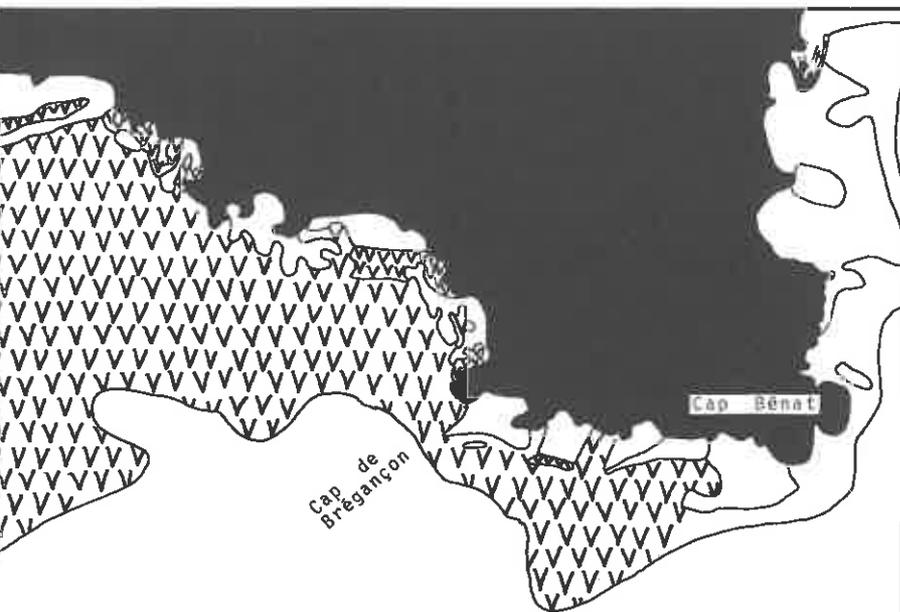


Fig. 9 : Courbes-enveloppes des températures (minima et maxima hebdomadaires) dans l'herbier de Posidonies de la baie de Port-Cros (Var) ; à 30 cm de profondeur sur le récif-barrière (en haut) et à 22 m de profondeur à l'entrée de la baie (en bas). En abscisse : les mois de Janvier (J) à Décembre (D) (d'après AUGIER et coll., 1980, modifié).





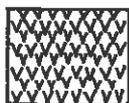
2 KM



Fig. 10 : L'immense herbier de Posidonies de la Rade d'Hyères (Var). D'après BLANC (1975), D.D.E. Var et GIRAUD (1980).



HERBIER DE
POSIDONIES DENSE



HERBIER DE
POSIDONIES DÉGRADÉ

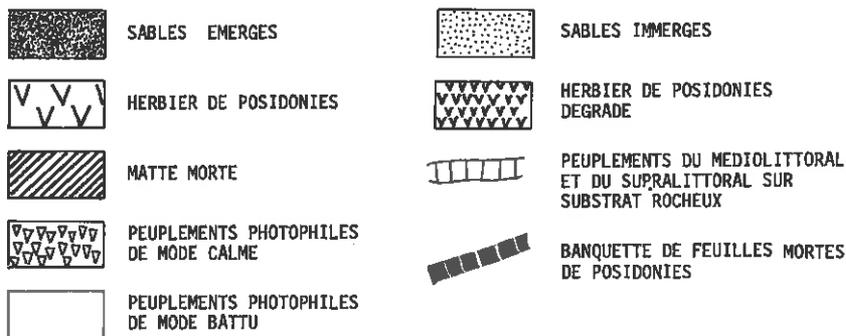
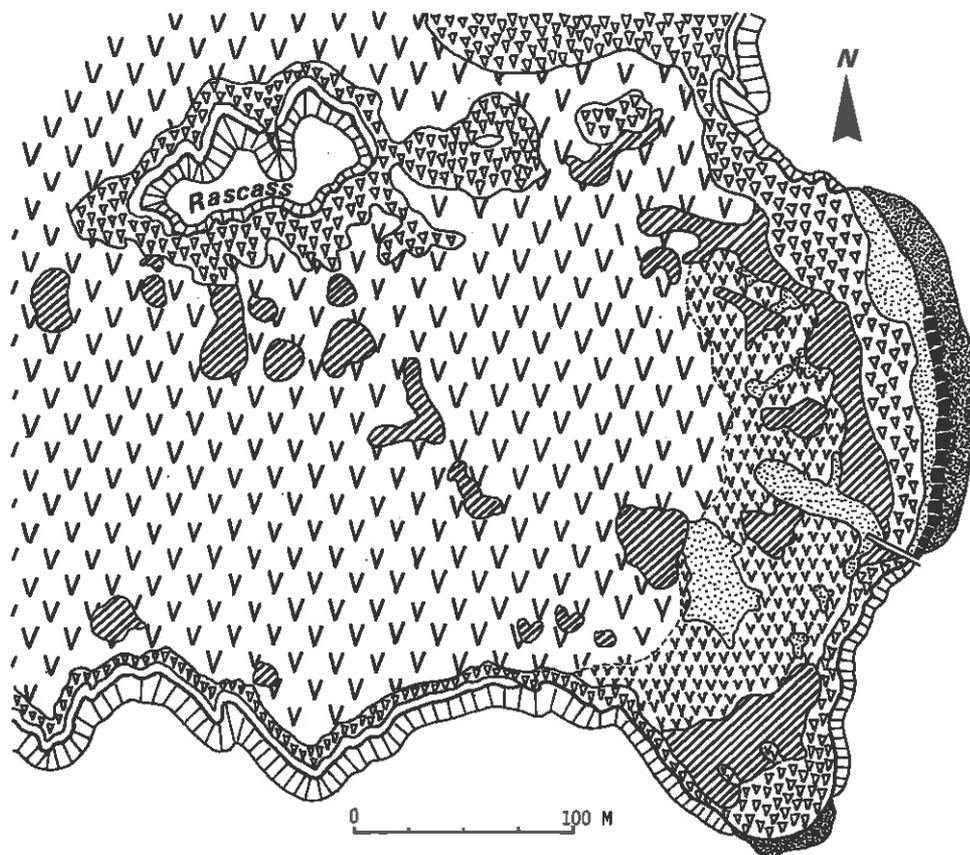


Fig. 11 : Carte des peuplements de la Baie de La Palud (île de Port-Cros). A faible profondeur (à droite), les mattes mortes ont une origine naturelle. L'amplitude du Supralittoral (zone des embruns) et du Médiolittoral (zone des vagues et des marées) a été délibérément exagérée (d'après AUGIER et BOUDOURESQUE, 1967, simplifié).

Il faudra des dizaines d'années pour que la bouture ou la germination initiale édifie une touffe d'herbier de quelques mètres carrés. Sur un substrat favorable, les boutures ou germinations de posidonie sont généralement nombreuses : les touffes voisines se rejoignent, et de leur jonction naît un herbier continu.

Que sont devenues les espèces pionnières, celles qui ont préparé le terrain, qui ont permis à la posidonie de s'installer ? *Cymodocées*, *Zostères*, *Caulerpa* ou autres algues, elles ont été éliminées.

ÉDIFICATION DE LA MATTE.

Tant que l'espace disponible n'a pas été entièrement colonisé, les rhizomes se développent horizontalement. Mais lorsque la densité des faisceaux de feuilles devient trop élevée, ils entrent en concurrence les uns avec les autres pour l'exposition à l'indispensable lumière : les rhizomes passent alors à une croissance verticale (Fig. 13).

On peut comparer ce comportement à celui du chêne qui présente un port étalé lorsqu'il est isolé dans une prairie, mais qui file droit vers le ciel lorsqu'il est en concurrence avec d'autres chênes dans une forêt.

Dans un herbier bien développé, à faible profondeur, une densité moyenne de 600 à 900 faisceaux de feuilles au m² n'est pas rare. A raison de 4 à 8 feuilles par faisceau, cela représente jusqu'à 7 000 feuilles au m².

Le lacis des rhizomes, la masse dense des feuilles, constituent un formidable *piège à sédiment* (MOLINIER et PICARD, 1952) : d'une part pour les particules de sable dérivant dans le courant, d'autre part pour tous les débris d'organismes ayant vécu dans l'herbier, sur les rhizomes ou sur les feuilles (coquilles, tests et piquants d'oursins, *foraminifères*, algues calcaires).

Les espaces entre les rhizomes sont ainsi peu à peu comblés par du sédiment et des débris d'organismes. Le lacis de rhizomes (peu putrescibles après leur mort) colmaté par du sédiment constitue un ensemble extrêmement solide, résistant, auquel on donne le nom de *matte* (Fig. 13).

LA MONTÉE DE LA MATTE.

On a discuté pour savoir si les rhizomes poussaient verticalement pour résister à l'ensevelissement, ou si le sédiment piégé par les feuilles était retenu par les rhizomes parce que ceux-ci poussaient verticalement. Les deux hypothèses sont sans doute vraies ; l'édification d'une matte correspond à un équilibre harmonieux entre la croissance naturelle de rhizomes luttant pour l'accès à la lumière, et l'accumulation des sédiments piégés ; si l'accumulation des sédiments est trop rapide, le rhizome vertical semble capable d'accélérer légèrement sa croissance ; au delà d'une certaine limite, le point

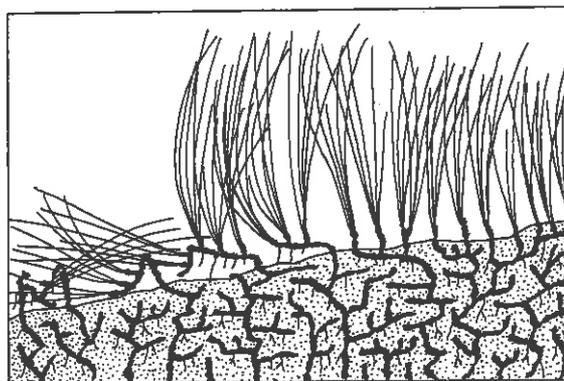
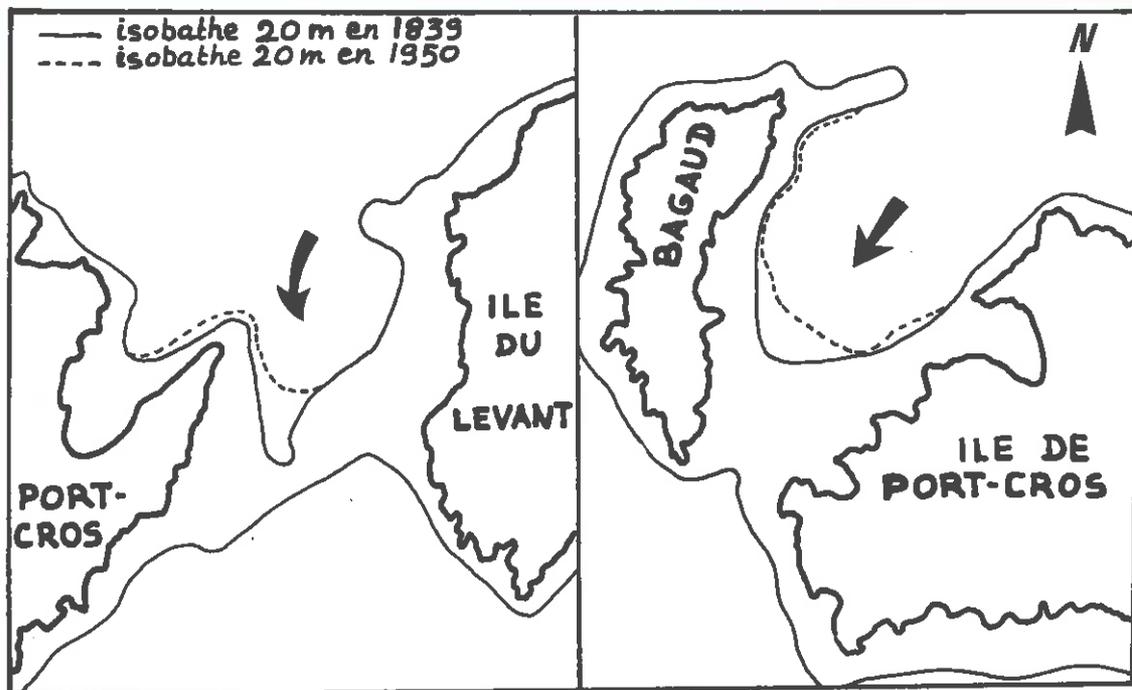


Fig. 14 : Déficit sédimentaire dans un herbier de Posidonies de Corse : il y a *déchaussement* des rhizomes, puis *écroulement* de l'herbier (à gauche) (d'après BOUDOURESQUE, 1980).



L'HERBIER ET LA MONTÉE DES FONDS AUTOUR DE PORT-CROS

En comparant la carte marine levée en 1839, et sa correction effectuée en 1950, MOLINIER et PICARD (1952) ont pu constater le déplacement des isobathes 20 m entre Port-Cros et Bagaud d'une part, Port-Cros et le Levant d'autre part.

Entre Port-Cros et Bagaud, la profondeur de l'axe du chenal, qui était de 15 m en 1839, n'est plus que de 14 m en 1950 ; la plus petite distance séparant les deux isobathes 20 m, qui était de 600 m en 1839, est passée à 750 m en 1950. La montée des fonds due à l'herbier qui occupe la passe s'est surtout produite dans sa partie Nord, face au courant dominant (flèche).

Dans la passe séparant Port-Cros du Levant, c'est également face au courant dominant que l'isobathe 20 m s'est déplacée.

On vérifie qu'il ne s'agit pas d'erreurs dans le lever des cartes, et que le phénomène est bien dû à l'herbier : dans les secteurs sans herbiers, l'isobathe 20 m ne s'est pas déplacée ; il en est partout de même en ce qui concerne l'isobathe 50 m (non représentée ici), qui intéresse des fonds que n'occupe jamais l'herbier (les posidonies autour de Port-Cros ne descendent jamais au dessous de 38 m).

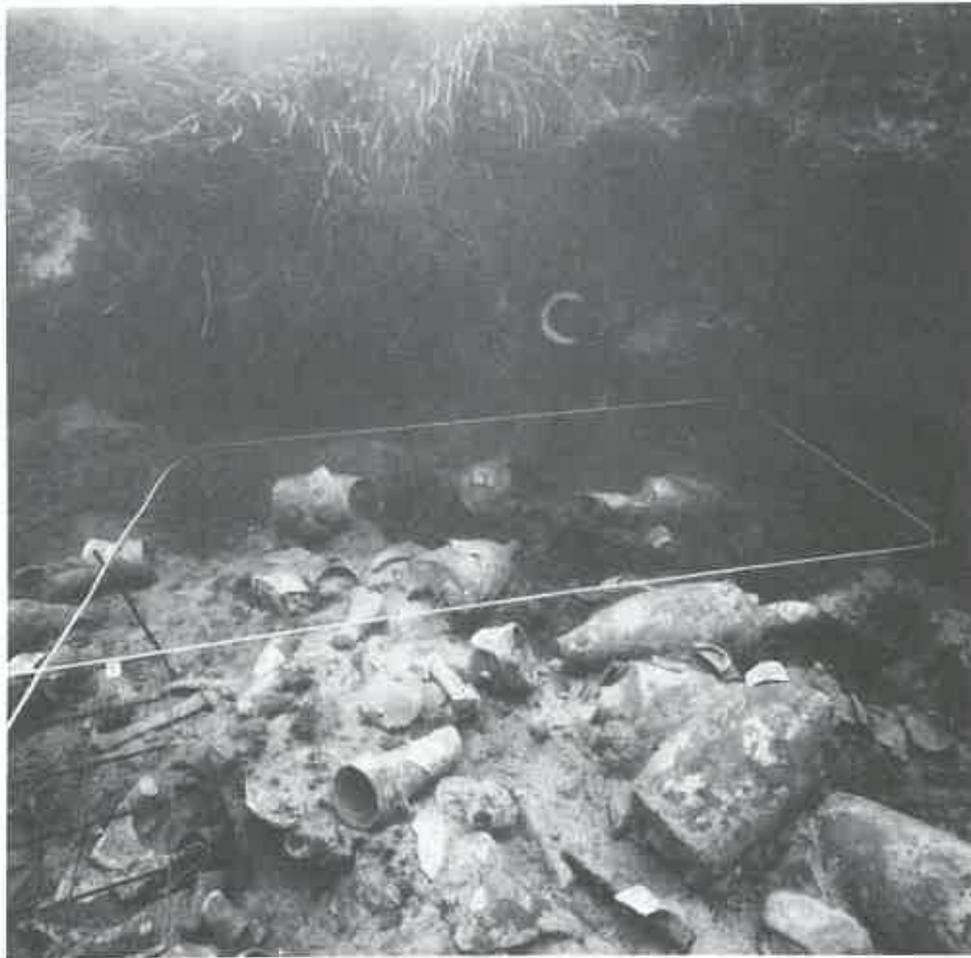


Fig. 15 : Vers quinze mètres de profondeur, dans la baie de Calvi (Haute Corse), une *intermatte* creusée dans la *matte*. Les marques, sur la perche que tient le plongeur sont distantes de 20 cm.

végétatif est enfoui trop profondément et dépérit ; si l'accumulation des sédiments est insuffisante pour compenser l'allongement des rhizomes verticaux (et *a fortiori* si les vagues lessivent la *matte* et provoquent le départ du sédiment qui s'y trouvait), il y a *déchaussement des rhizomes* ; les rhizomes déchaus-

sés sont extrêmement fragiles, s'écroulent et se brisent ; il y a alors destruction de l'herbier (Fig. 14).

Lorsque l'équilibre croissance-sédimentation est réalisé, l'herbier et sa *matte* sous-jacente s'élèvent donc lentement vers la surface.



L'ÉPAVE DE GIENS.

Vers 50 à 60 avant J.-C., un bateau transportant du vin italien sombrait dans la rade de Giens, sur des fonds de 18-21 m. Lors de sa découverte, l'épave était presque entièrement enfouie sous 2 à 3 m de matras de posidonies.

Des fouilles très importantes ont été entreprises par le Centre

National de la Recherche scientifique (Centre Camille-Julian à Aix-en-Provence) : ci-dessus, une vue partielle de ces fouilles. La matras a été enlevée pour mettre à jour l'épave et son chargement d'amphores ; dans le fond, on aperçoit la tranchée qui a été pratiquée, et l'herbier en place. (Photo C.N.R.S., Centre Camille-Julian).

Cette montée de l'herbier est certainement très lente. On a avancé le chiffre de 1 m par siècle, en comparant le déplacement des isobathes sur des cartes bathymétriques levées à plus d'un siècle d'intervalle.

On ignore généralement la hauteur de la matte qui se trouve sous les herbiers de posidonies actuels ; des tranchées artificielles pratiquées dans la matte à l'occasion d'aménagements littoraux, où des *inter-mattes* creusées naturellement par l'érosion (Fig. 15), ont permis de mesurer jusqu'à 6 mètres d'épaisseur (MOLINIER et PICARD, 1952) : il existe certainement des mattes beaucoup plus épaisses.

La vitesse de l'élévation des mattes d'herbier varie certainement d'un point à un autre, en fonction en particulier des courants et de l'alimentation en sédiments. Par ailleurs, des phases d'élévation peuvent alterner avec des phases de mort de l'herbier : c'est ainsi que l'épave romaine de Giens, coulée il y a environ 2 000 ans, n'était enfouie, au moment de sa découverte, que sous deux à trois mètres de matte (TCHERNIA et coll., 1978).

LES RÉCIFS-BARRIÈRE.

Dans les baies abritées, la montée de l'herbier peut lui permettre d'atteindre la surface. C'est généralement près de la côte que la surface est atteinte en premier ; les feuilles des Posidonies s'étalent à la surface de la mer : on parle de *récif-frangeant*.

Entre le front d'émergence du récif et la côte, les conditions deviennent défavorables aux posidonies : l'eau circule peu et se renouvelle mal ; elle s'échauffe trop en été ; les posidonies meurent. Il se constitue ainsi un *lagon* (Fig. 16).

Vers le large, l'herbier continue à monter : de nouvelles posidonies atteignent la surface ; le *récif progresse vers le large* ; ce récif, maintenant séparé de la côte par un lagon, constitue désormais un *récif-barrière* (Fig. 17).

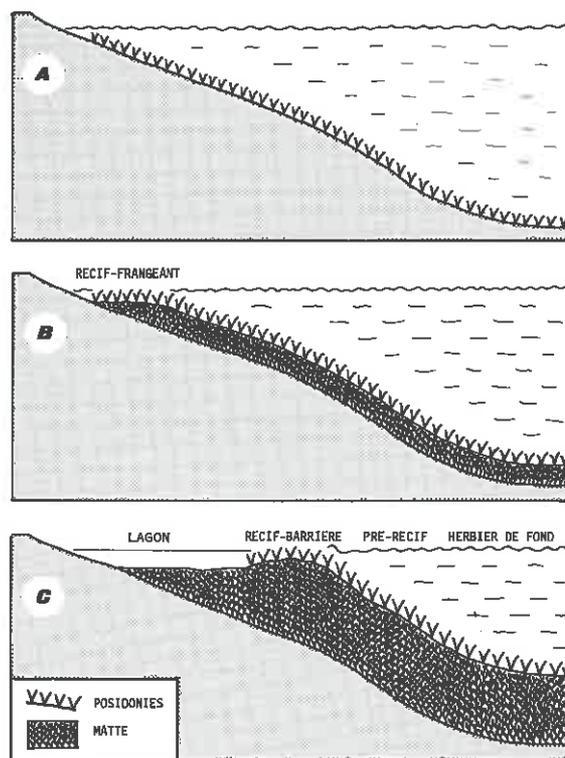


Fig. 16 : La croissance en hauteur des mattes construites par l'herbier de posidonies, en mode calme : il se forme d'abord un *récif-frangeant* (B), qui évolue en *récif-barrière* (C), isolant derrière lui un lagon.



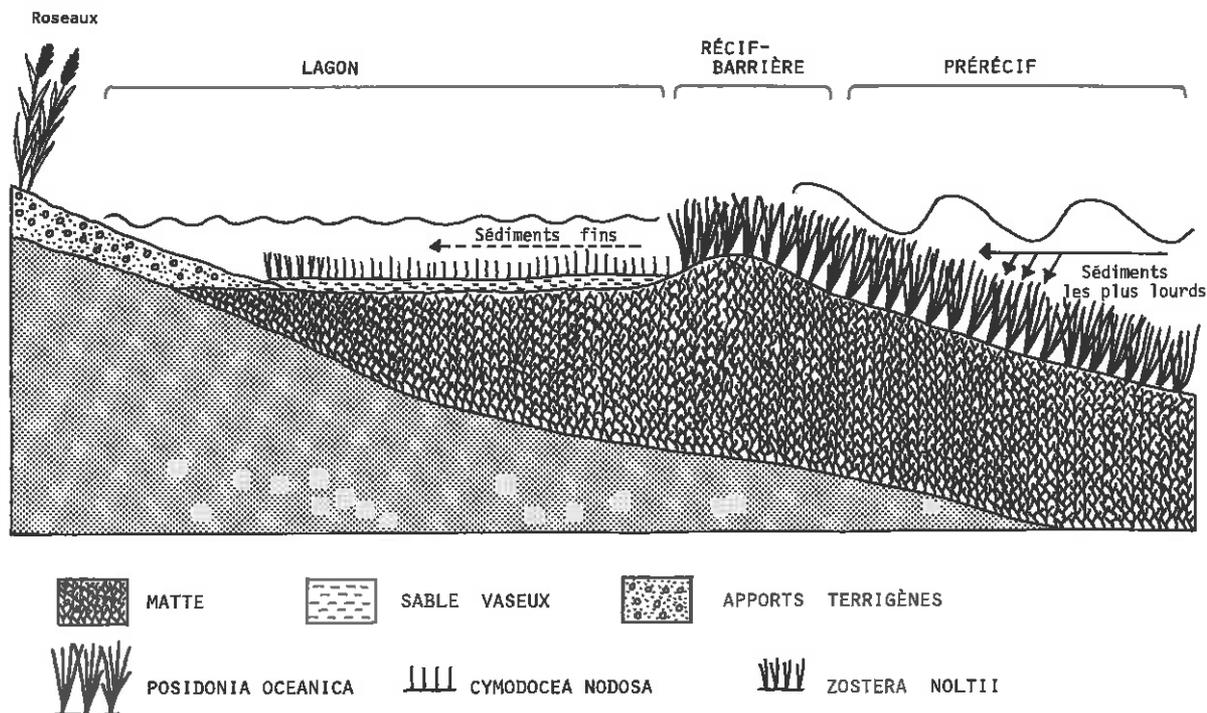


Fig. 17 : Coupe théorique à travers un lagon et un récif-barrière de posidonies. Avec le temps, le récif-barrière se déplacera lentement vers la droite.

UN MONUMENT NATUREL, LE RÉCIF-BARRIÈRE DE LA BAIE DE PORT-CROS.

Le Parc National de Port-Cros a la chance d'abriter l'un des derniers récifs-barrière de posidonies de Méditerranée. On aperçoit bien l'émersion des feuilles, au fond de la baie de Port-Cros, devant le vallon de la Solitude, surtout au printemps et en été. En s'élevant le long de la route des forts qui domine

la baie, on distingue mieux la forme d'ensemble du récif-barrière, la courbe qu'il dessine (Fig. 18).

Malgré les dommages qu'il a subi depuis le début du siècle, malgré les menaces qui continuent à peser sur lui, ce récif-barrière reste l'un des plus typiques des récifs existants. Sa célébrité vient également du fait que c'est à Port-Cros, en 1952, qu'ont été élucidés les mécanismes de l'édification des mattes et de la formation des récifs-barrières (MOLINIER et PICARD, 1952). De nombreuses études continuent à lui être consacrées.

Fig. 18 : La Baie de Port-Cros et son récif-barrière.

En haut, le Fort du Moulin et le village. De la côte vers le large, on distingue le lagon à cymodocées (L), le récif-barrière de posidonies (R), et l'herbier de posidonies immergé (H). Vers la gauche, une zone claire (M) correspond à la matte morte. (Photo Archives Marine Nationale).





LE RÉCIF-BARRIÈRE DE LA BAIE DE PORT-CROS EST MENACÉ.

Tel que nous le voyons aujourd'hui (en noir sur la figure), le récif-barrière ne s'étend plus que sur une partie de son ancien domaine.

On dispose en effet de nombreux documents photographiques, en particulier d'anciennes cartes postales comme celle qui est reproduite ici, qui ont permis de retracer les étapes du recul du récif-barrière depuis le début du siècle (BOUDOURESQUE et coll., 1975).

Le récif-barrière s'étendait à l'emplacement du port actuel. En face de l'apponement du vallon de la Solitude, il a été détruit à une date plus récente pour faciliter l'accès des barques au ponton ; on aperçoit d'ailleurs très bien le chenal qui a été creusé. Enfin, dans sa partie Sud, le récif semble avoir souffert de la pollution.

Au cours des dernières décennies, le front du récif tourné vers le large a souffert du développement de la navigation de plaisance : ignorant la faible profondeur des eaux à cet endroit, ou surpris par la marée basse, de nombreux bateaux venaient en effet s'y échouer (l'approche du récif est aujourd'hui interdite par un alignement de bouées) ; en se dégageant, ces bateaux ont fortement érodé le front externe du récif.

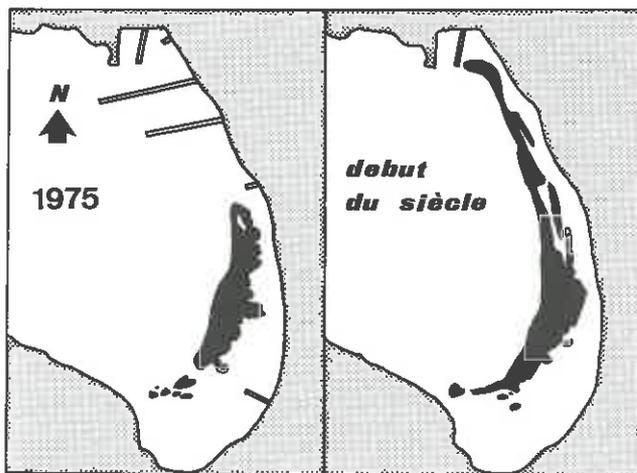




Fig. 19 : Le récif-barrière de posidonies de la baie de Port-Cros, en été. Les feuilles, lourdement chargées d'algues épiphytes, dépassent la surface ou s'y étalent.

Les milliers de touristes qui débarquent à Port-Cros, qui longent la plage de la Solitude en direction de la plage du Sud, ou qui montent vers le fort de l'Estissac, ne se doutent pas, en apercevant l'arc de cercle dessiné par la zone d'émergence des feuilles, qu'il s'agit d'un des plus célèbres *monuments naturels* de la Méditerranée, étudié et ausculté depuis 30 ans par les océanographes.

Pour un œil non averti, il faut bien reconnaître que ce récif-barrière n'a rien de spectaculaire ; sans doute ne l'auriez-vous même pas remarqué ? sa protection constitue aujourd'hui un objectif prioritaire pour la Direction et le Comité Scientifique du Parc National.

UN LOURD TRIBUT A LA CONSTRUCTION DES PORTS

Il y a quelques millénaires, des récifs-barrière de Posidonies existaient sans doute dans le fond de toutes les baies abritées de Méditerranée nord-occidentale.

Mais, très tôt, les hommes ont naturellement choisi les baies, golfes et rades pour y établir leurs ports ; saurons-nous jamais s'il existait un récif-barrière dans le Lacydon, l'actuel "Vieux-Port" de Marseille ? mais c'est probable : de même qu'il existait sans doute des récifs-barrière dans les baies de La Seyne et du Lazaret (près de Toulon).

Les récifs-barrière qui sont parvenus jusqu'à nous le doivent à des situations particulières : c'est l'insularité qui a protégé le récif-barrière de la baie de Port-Cros jusqu'au début du 20^{ème} siècle ; mais nous avons vu qu'il régresse depuis lors. Car de nouvelles menaces planent sur les récifs rescapés...

Le récif du Lido (Les Vignettes, à Toulon) est en partie enseveli sous des plages alvéolaires (ASTIER, 1975).

Le récif de Bandol, décrit et cartographié par MOLI-NIER et PICARD (1952), était situé au Sud du port ; il a été victime d'un *endiguage* : l'emplacement qu'il occupait a été conquis sur la mer (BLANC, 1975).

Périodiquement des projets d'aménagement de la Baie du Brusco, voire son remblaiement ou son dragage, sont mis en avant ; ces projets, qui signifieraient la destruction brutale du récif-barrière et du lagon, ont heureusement été mis en échec jusqu'ici ; mais de graves dangers n'en sont pas moins sur un site naturel qui représente beaucoup d'attraits pour les promoteurs.

Miraculeusement épargné jusqu'à aujourd'hui, le récif-barrière de Saint-Florent (Haute-Corse) va faire l'objet d'une étude détaillée en vue de sa protection.



Fig. 20 : Un chenal creusé dans la matte d'herbier. Le "tombant" (à gauche), attaqué par les vagues et les houles, recule lentement. Au centre de la photo, on distingue un bloc de matte récemment éboulé, portant des posidonies vivantes. (Calvi, Haute Corse).

LES HOULES ET LES VAGUES A L'ASSAUT DES MATTES.

En dehors des baies abritées, la montée de l'herbier vers la surface conduit à l'exposer de plus en plus à l'action destructrice des vagues.

Certes, les longues feuilles des posidonies (jusqu'à

7 000 au m²) protègent la matte, d'autant plus que l'herbier est capable d'atténuer de façon sensible la force de la houle et des vagues.

Mais qu'un point de moindre résistance apparaisse localement (par exemple : le trou creusé par l'ancre d'un navire), et une brèche va s'ouvrir. On nomme *intermattes* les trous creusés dans la matte, que les

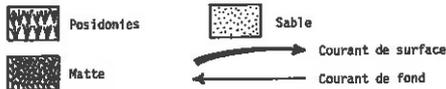
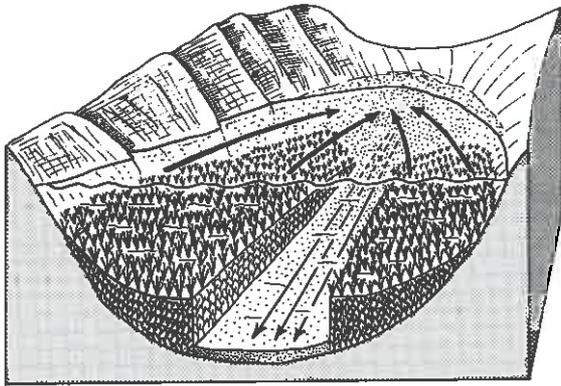


Fig. 21 : Bloc diagramme théorique d'une rivière de retour dans une baie exposée aux vents dominants. Dans la réalité, le tracé de la rivière de retour est toujours moins régulier.

vagues agrandissent progressivement, à la manière des marmites de géants dans le lit des torrents.

Les intermattes voisines se rejoignent et constituent des *chenaux*. C'est sur les parois verticales de ces chenaux ("tombants de matie") que l'on peut mesurer l'épaisseur des mattes édifiées au cours des siècles par les posidonies. On y distingue bien les vieux rhizomes, souvent verticaux, et le sédiment qui colmate les interstices (Fig. 20).

Un type particulier d'érosion de l'herbier est celui des baies largement ouvertes à un vent dominant (par exemple, à Port-Cros : la plage du Sud face au Mistral). Lorsque le vent souffle du large vers la côte, l'eau de surface est entraînée vers la côte. Cette masse d'eau qui afflue vers la côte doit, d'une façon ou d'une autre, regagner le large ; ne pouvant le

faire en surface (à cause du vent), le retour va s'effectuer par le fond : arrivée à la côte, l'eau plonge et suit le fond ; elle va alors creuser, dans l'axe de la baie, un chenal, une sorte de lit que l'on désigne sous le nom de *rivière de retour* (Fig. 21 et 22).

Ainsi va la vie de l'herbier. Tout se construit et se détruit. La mer attaque les constructions séculaires de l'herbier, mais d'autres posidonies les reconstruisent, siècle après siècle.

CINQ TYPES D'HERBIERS EN FONCTION DE LEUR DENSITÉ

La densité d'un herbier de posidonies est généralement estimée par le nombre de faisceaux de feuilles au mètre carré.

Cette densité varie naturellement d'un point à l'autre d'un même herbier ; elle diminue généralement avec la profondeur et avec la pollution.

Gérard GIRAUD (1977 a) a proposé de classer les herbiers en fonction de la densité moyenne des faisceaux de feuilles :

- Type I : plus de 700 faisceaux au m²
- Type II : 400 à 700 faisceaux au m²
- Type III : 300 à 400 faisceaux au m²
- Type IV : 150 à 300 faisceaux au m²
- Type V : 50 à 150 faisceaux au m²

Au dessous de 50 faisceaux au m², on ne parle plus d'herbier mais de *tiges isolées* de posidonies.

Les chercheurs ayant l'habitude de travailler sur les herbiers de posidonies parviennent à estimer visuellement le type auquel appartient un herbier.

Dans la baie de Port-Cros, l'herbier du récif-barrière est du type I ou II. Vers 2-3 m. de profondeur (à hauteur de la ligne de bouées interdisant l'accès au fond de la baie), on trouve généralement un herbier du type II.

Dans la baie d'Elbo (Parc Naturel Régional de Corse), les herbiers sont généralement du Type I ou II au dessus de 20 m. de profondeur, du Type III ou IV au dessous.



R

R

les cartographes de la mer

PLOMB DE SONDE ET PLOMB SUIFFÉ

Pendant des siècles, la cartographie des fonds sous-marins a été effectuée à l'aide du plomb de sonde qui permet de mesurer la profondeur. Pour les petits fonds, on utilisait un *plomb suiffé*, ce qui permettait de déterminer sommairement soit la nature du substrat resté collé au suif (sable, vase, roche), soit la présence de végétation. Sur les cartes marines actuelles, on peut encore trouver de nombreuses indications relevées par ce moyen très simple ; c'est ainsi que les herbiers de posidonies sont notés par la lettre H, ou par les mentions *herbiers* ou *algues*. La signalisation des herbiers était destinée à donner des indications sur la qualité des mouillages ; le mouillage sur herbier est en effet recherché, car les ancres trouvent un bon appui dans les rhizomes de posidonies et ne risquent pas d'être coincés par les roches.

Fig. 22 : La *rivière de retour* (R) de la Plage du Sud, à Port-Cros.
On distingue, en bas de la photo, la plage et les baigneurs.

(Photo Archives Marine Nationale).

UN OBJECTIF PRIORITAIRE POUR DE NOMBREUSES ADMINISTRATIONS.

Par la suite, le développement des sciences de la mer a amené la mise au point d'autres techniques de cartographie. Ainsi, des *dragues*, des *benne*s et des *carottiers* ont été utilisés depuis le début de ce siècle. Toutes ces techniques sont basées sur la détermination d'échantillons prélevés sur le fond, à l'aveuglette, à partir d'une embarcation de surface. L'extrapolation de l'étendue ou des limites d'un peuplement est ainsi aléatoire, et sa précision dépend essentiellement de la densité des prélèvements réalisés.

Ce n'est qu'au cours des deux dernières décennies que la cartographie des herbiers a pris un grand essor. L'intérêt considérable de cet herbier pour la vie littorale, sa fragilité et sa dégradation rapide au voisinage des principaux centres urbains et touristiques du littoral, rendent nécessaire sa protection ; *mais comment protéger des herbiers dont on ne connaît pas la localisation et l'extension exactes ?* La cartographie des herbiers de posidonies est donc devenue un objectif prioritaire pour de nombreuses administrations.

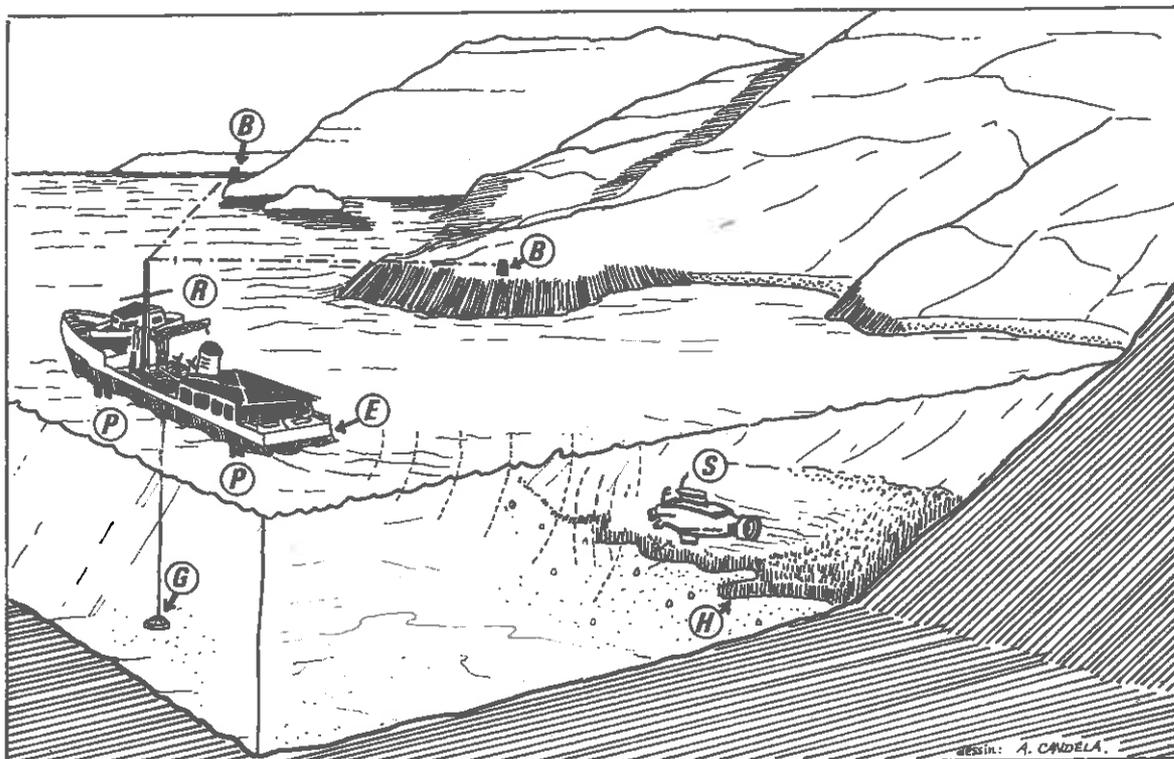


Fig. 23 : Cartographie de la limite inférieure de l'herbier de posidonies (H) à l'aide du sous-marin *Griffon* et du navire d'accompagnement *Triton* de la Marine Nationale (d'après MEINESZ et LAURENT, 1978).

B : Balises (répondeurs radar pour le positionnement exact du *Triton*).

R : Récepteur radar.

G : Gueuse servant à l'ancrage dynamique.

P : Propulseurs cycloïdaux (permettant de corriger la position du navire par rapport à la gueuse G : ancrage dynamique).

E : Sonar émetteur permettant de localiser le sous-marin *Griffon*.

S : Sonar répondeur.

Malgré des efforts récents, seule une infime partie des herbiers de posidonies des côtes françaises a pu être cartographiée correctement. Et la situation est pire en ce qui concerne les autres pays riverains de la Méditerranée. Cette lacune tient essentiellement aux grandes difficultés techniques de la cartographie sous-marine.

Des méthodes spécifiques, adaptées à la cartographie de l'herbier de posidonies, se sont développées au cours des dix dernières années. Parmi elles, on peut distinguer les méthodes qui mettent en œuvre l'observation directe de l'herbier (par pénétration de l'homme dans le milieu) de celles qui sont basées sur la **téledétection** (photos aériennes, sonogrammes, etc.). Des plongées sont cependant toujours nécessaires pour préciser ou identifier les images ainsi obtenues (MEINESZ et coll., 1981).

PLONGEURS ET ARPENTEURS.

En plongée sous-marine, le cartographe peut aisément noter la présence ou l'absence de l'herbier, et même son état ou sa densité. Malheureusement, le temps d'une plongée est toujours limité à quelques dizaines de minutes (pour respecter les règles de sécurité). En outre, la localisation précise des observations est malaisée : absence de repères, visibilité limitée dans le meilleur des cas à quelques dizaines de mètres.

La méthode la plus rigoureuse consiste à tendre un filin de plusieurs centaines de mètres de long, depuis un point de la côte parfaitement repéré et en direction du large. Ce filin est plombé et présente tous les 5 m. une marque indiquant la distance exacte par rapport à l'origine. L'orientation du filin est relevée au compas ou au cercle hydrographique. Le plongeur qui suit le filin sur le fond peut ainsi localiser immédiatement, avec précision, ses observations. On obtient après chaque plongée un *profil* des fonds avec des indications sur une bande de 5 m. de large de part et d'autre du profil. Il suffit de répéter un

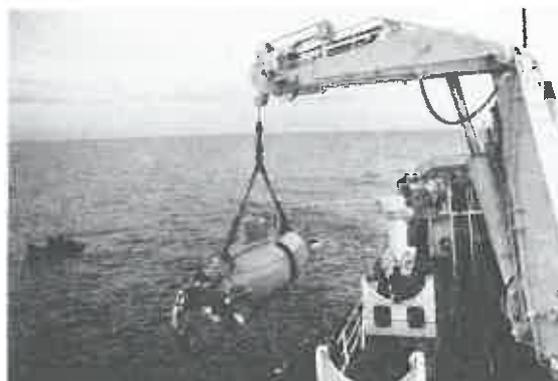


Fig. 24 : Au large de Villefranche, début d'une mission de cartographie de la limite inférieure des herbiers de posidonies : le sous-marin *Griffon* est mis à l'eau à partir du navire d'accompagnement *Le Triton*.

grand nombre de fois cette opération pour obtenir une carte des fonds. Mais cette méthode est très lente, et seules de petites surfaces peuvent ainsi être cartographiées.

UN SOUS-MARIN DE LA MARINE NATIONALE.

Un sous-marin d'exploration de la Marine Nationale, le *Griffon*, a été utilisé pour cartographier les zones profondes de l'herbier, lorsque la durée d'une plongée en scaphandre est trop limitée. Plus de

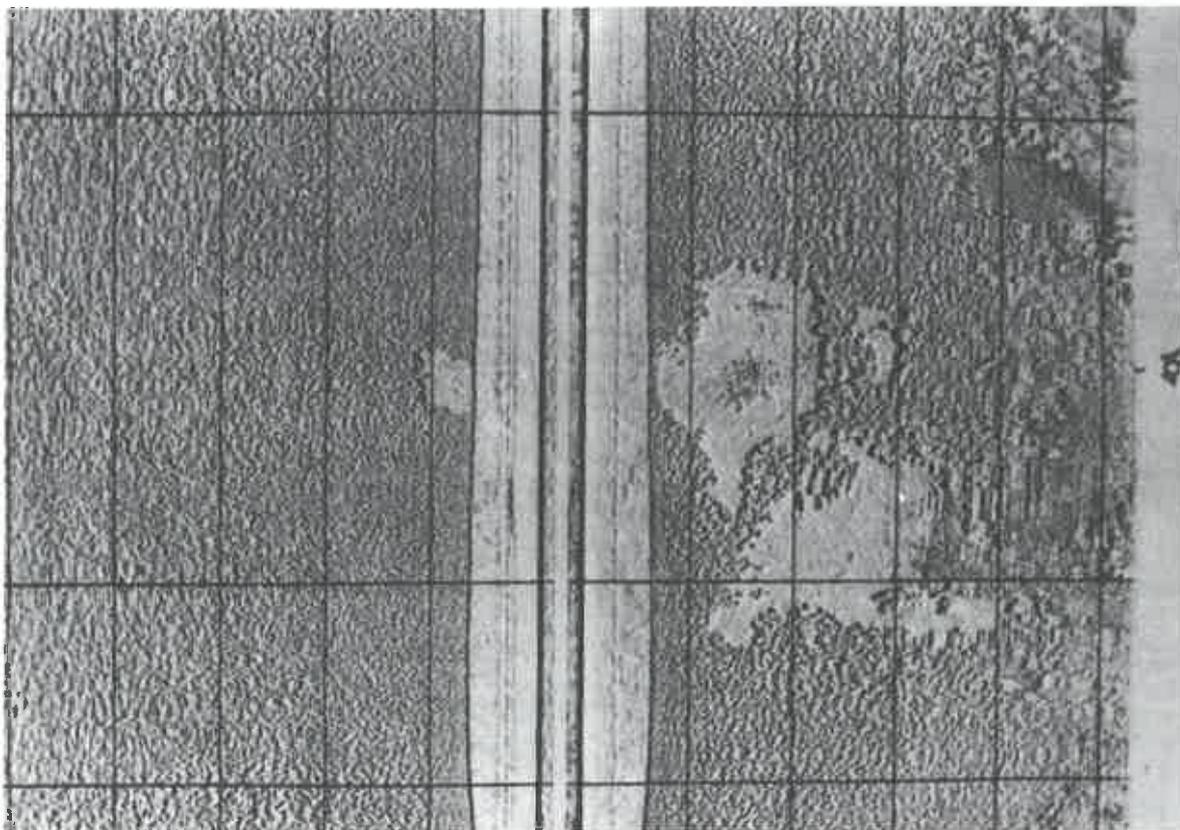


Fig. 25 : Un *sonogramme*. L'herbier de posidonies y apparaît comme une trame granuleuse. Au centre, la bande claire correspond à une zone d'ombre (parcours du bateau de surface). Sur la droite, les taches claires de forme irrégulière sont des *intermattes* dépourvues de posidonies.

30 km de limite inférieure de l'herbier ont été cartographiés par ce moyen dans les Alpes-Maritimes et au large de l'île du Levant, au cours de 10 plongées du sous-marin (MEINESZ et LAURENT, 1978).

Cette cartographie de la limite inférieure de l'herbier est d'autant plus importante que l'on a constaté, en de nombreux secteurs du littoral, une régression sensible des posidonies à ce niveau.

Pour réaliser une carte de la limite inférieure d'un herbier, le sous-marin a pour mission de suivre avec précision les méandres de cette limite. L'observateur scientifique embarqué à bord du sous-marin note chaque modification de l'état ou de la densité de l'herbier avec l'heure précise de l'observation (Fig. 23). Pendant ce temps, le navire support de surface *Le Triton* relève toutes les minutes la position du sous-marin par diverses méthodes de détection (sonar et balises radio à terre). Ainsi, après chaque plongée du sous-marin, on obtient une carte sur laquelle figure le parcours du sous-marin, *parcours qui correspond à la limite inférieure de l'herbier de posidonies*. Toutes les observations réalisées à bord du sous-marin peuvent être reportées sur cette carte (leur localisation est possible grâce aux indications de temps indiquées simultanément au fond et sur la carte établie en surface).

LES PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES.

La photographie aérienne permet de bien localiser les contours de l'herbier, entre la côte et 10 m de profondeur en moyenne (très exceptionnellement jusqu'à 20 m). Au delà, la pénétration sélective de la lumière (seules les radiations bleu et bleu vert atteignent les herbiers profonds), ainsi que la diminution rapide de l'intensité lumineuse qui parvient sur le fond, donnent une image des fonds monochrome (bleue) qui ne permet plus de distinguer les contours de l'herbier. Des efforts récents pour améliorer cette technique (emploi de pellicule couleur, choix des filtres) n'augmentent pas sensiblement sa portée en profondeur. Seules la télédétection par satellite et l'*analyse numérique* des images permettent peut-être de gagner quelques mètres.

La cartographie des herbiers à partir de photographies aériennes n'est pas aussi simple qu'on peut le croire : les images doivent être corrigées (parallaxe, diffraction) ; par ailleurs, la couleur de l'herbier

dépend de la profondeur, de la densité des *épiphytes* (algues et animaux fixés sur les feuilles), de la saison ; des accumulations de feuilles mortes sur du sable, parfois des mattes mortes, peuvent être confondues avec de l'herbier vivant sur des photographies. Enfin, l'état et la densité de l'herbier sont difficilement extrapolables. Des plongées d'identification des structures apparaissant sur les images sont donc toujours nécessaires.

LE SONAR LATÉRAL.

Le sonar latéral est utilisé depuis plus de vingt ans pour l'étude géologique des fonds ; son emploi a été récemment étendu à la cartographie des herbiers de posidonies. Le sonar latéral utilise la *réflexion des sons sur le fond* pour obtenir une image des fonds sur papier électrolytique. Ces images appelées *sonogrammes* (Fig. 25), permettent d'observer tous les reliefs du fond. Comme les herbiers ont une certaine hauteur (parfois plus d'un mètre avec les feuilles), ils sont enregistrés sur les sonogrammes sous la forme d'une trame granuleuse spécifique.

L'appareillage utilisé comprend un corps immergé appelé *poisson*, qui est tracté par un bateau ; le poisson envoie et reçoit les sons, et il est relié à un enregistreur situé à bord du bateau ; les signaux enregistrés sont transcrits sur papier (sonogrammes).

Un sonogramme correspond à une bande de fond de 150 m. de large (75 m. de part et d'autre du parcours du bateau).

L'interprétation des sonogrammes est assez complexe, surtout lorsque des pointements rocheux interrompent l'herbier. Des plongées sont nécessaires, afin d'identifier certaines des structures figurées sur le sonogramme, et de reconnaître l'état et la densité de l'herbier (Fig. 27).

LE BALISAGE.

Pour diagnostiquer très rapidement toute modification des limites ou de l'état d'un herbier (tout début de régression dans la plupart des cas), la mise en place de *balises* s'est avérée une méthode très efficace.

Les balises sont des blocs de béton de 20 à 30 kg., ancrés sur le fond grâce à des pieux métalliques. Un flotteur, fixé au pieu, permet aux plongeurs de retrouver plus facilement les balises.

Chaque année, un relevé très précis, cartographique ou photographique, est effectué autour des balises ou entre elles : toute modification de l'herbier, même si son amplitude ne dépasse pas quelques dizaines de cm., est immédiatement décelée.

—Dix à vingt balises, espacées de 5 m. les unes des autres, sont disposées le long de la limite inférieure de l'herbier (Fig. 26). Il s'agit d'un secteur particulièrement sensible : sous un éclairage à peine suffisant, les posidonies y vivent dans des conditions précaires, et toute augmentation de la turbidité de l'eau, donc toute diminution de l'éclairage qui leur parvient, aura pour conséquence la *remontée de la limite inférieure de l'herbier*. De tels balisages existent dans les Alpes Maritimes, sur la côte occidentale de Corse (Réserve de Scandola), et à Port-Cros.

—Les balises, placées dans la masse de l'herbier, délimitent un carré de 10 m de côté, nommé *carré permanent*. Un carré permanent existe depuis cinq ans dans la Baie d'Elbo (Parc naturel régional de la Corse).

—Les balises sont alignées, perpendiculairement à la côte, le long d'un *transect permanent*. Le transect permanent de la Baie de Port-Cros est long de 250 m.; un ruban métallique gradué, tendu entre les balises, permet de mettre en évidence, *avec une précision de 20 cm*, toute modification de l'herbier.



Fig. 26 : Une balise, à la limite inférieure de l'herbier de posidonies de la rade de Villefranche.



Fig. 27 : Les structures observées sur des photos aériennes ou sur les sonogrammes sont identifiées en plongée, et reportées sur les ardoises en PVC (Réserve de Scandola, Haute Corse, 17 m de profondeur).



Fig. 28 : Délimité par 8 balises, le *carré permanent* de la Baie d'Elbo (Parc Naturel Régional de Corse) mesure 10 m. de côté. Un cadre métallique de 4 m², déplacé le long des corde guide, permet de micro-cartographier chaque mètre carré du carré permanent. L'opération est renouvelée chaque année.

AU CHEVET DES POSIDONIES.

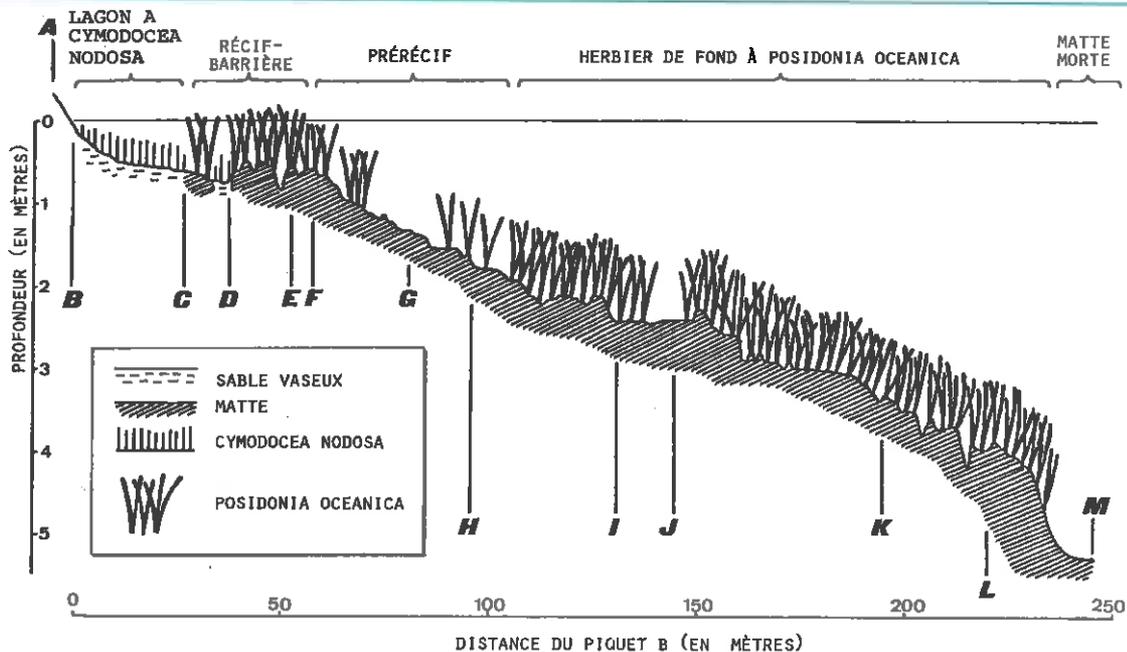
Balisage, photographie, cartographie, tout un arsenal de méthodes est disponible pour assurer une surveillance efficace des herbiers. Il ne faudrait pas croire, toutefois, que cette surveillance s'effectue actuellement sur une grande échelle : les cartes précises, balisages, carrés et transects permanents, permettant de déceler très vite le recul des herbiers, sont très rares en Méditerranée, y compris et même surtout aux alentours des grands centres urbains.

Au cours des prochaines années, l'utilisation de ces méthodes permettra, lorsqu'on le souhaitera, de circonscrire et éventuellement de réduire les causes de la dégradation des herbiers de posidonies.



Fig. 29 : Couverture photographique du carré permanent de la Baie d'Elbo : le quadrat 52.





Profil bathymétrique du transect permanent de la Baie de Port-Cros ; les peuplements dominants ont été schématisés de façon très simplifiée. Emplacement des piquets A à M (d'après NEDELEC et coll., 1981).

LE TRANSECT PERMANENT DE LA BAIE DE PORT-CROS

Le transect permanent de la baie de Port-Cros a été mis en place entre 1979 et 1981.

Long de 250 m, il part de la plage de la Solitude, traverse le lagon à *cymodocées*, le récif-barrière de posidonies, les mattes mortes du pré-récif, un vaste herbier dense, et se termine sur les mattes mortes du centre de la baie.

Il s'agit d'un secteur particulièrement sensible : nous avons vu que le récif-barrière a régressé depuis le début du siècle ; sur le pré-récif, la mort des posidonies s'est produite entre 1965 et 1980.

Il est donc extrêmement important de savoir si la régression de l'herbier en baie de Port-Cros a été enrayerée, ou bien si elle se poursuit sous nos yeux. Chaque année, des mesures très précises sont effectuées tout le long du transect permanent.

Comme il ne suffit pas de *constater*, mais qu'il convient aussi d'*expliquer*, tout un ensemble de recherches scientifiques (paramètres physico-chimiques, mesures de polluants, sédimentation, production primaire, étude des herbivores, etc.) sont menées parallèlement le long du transect permanent.

PETITE HISTOIRE DES PELOTES DE MER.

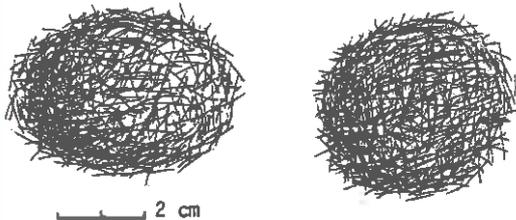
De tous temps, les hommes ont été intrigués par de curieuses pelotes de fibres, que l'on rencontre souvent en grand nombre sur les plages méditerranéennes (Figure ci-dessous) : déjà, dans l'antiquité, GALIEN et ARISTOTE en faisaient mention.

On les a nommées "pelotes de mer", puis *aegagropiles*, par analogie avec les boules de poils que l'on rencontre dans l'estomac des chats, chèvres, vaches et autres animaux qui avalent des poils en se léchant.

Les *aegagropiles* ont en général une forme ovoïde, souvent un peu aplatie, parfois sphérique ; leur diamètre varie entre 3 et 6 cm, mais on en trouve de plus volumineuses ; une *aegagropile de la taille d'un œuf d'autruche* a même été récoltée en Corse.

L'origine des *aegagropiles* est longtemps restée mystérieuse. Jusqu'au 16^{ème} siècle, on croyait qu'il s'agissait du fruit de la posidonie ; au 17^{ème} siècle, on en fait un animal ; au 18^{ème} siècle, LINNÉ les considérait comme les racines de la posidonie. Les Sardes croyaient qu'elles venaient d'Afrique (ce qui est impossible : elles ne flottent pas). Au 19^{ème} siècle, la question de l'origine des *aegagropiles* provoqua de violentes polémiques, ponctuées de mots et d'expressions dont l'usage est inhabituel dans la littérature scientifique, et dont la lecture reste réjouissante...

C'est la décomposition des feuilles de posidonies, et plus particulièrement de leur pétiole, qui dégage de longues fibres peu putrescibles. Feuilles, fibres et rhizomes morts, accumulés par petits fonds, sont soumis par temps calme au mouvement de va-et-vient de l'eau ; c'est dans ces conditions que naissent les *aegagropiles* : des fragments de rhizomes, munis de restes d'écaillés, peuvent servir de point de départ à l'agglutination des fibres autour d'eux ; mais il est fréquent que des *aegagropiles* ne comportent pas en leur centre de tels fragments de rhizomes.



NE PAS CONFONDRE BIOMASSE ET PRODUCTION

La *biomasse* est le poids de matière vivante, à un instant donné, sur une surface donnée. Cette matière vivante peut s'y être accumulée, année après année, pendant des décennies ou des siècles.

La *production* est le poids de matière vivante *nouvellement formée*, sur cette même surface, pendant une année par exemple.

Il n'y a pas de relation obligatoire entre la biomasse et la production. La biomasse peut être considérable (cas d'une forêt par exemple, avec accumulation de bois) alors que la production est modeste ; inversement, la biomasse peut être très faible alors que la production est importante (cas du plancton).

C'est la confusion entre biomasse et production qui a conduit des fonctionnaires peu avertis, en Afrique et en Amérique du Sud par exemple, à provoquer des catastrophes écologiques aux conséquences dramatiques (destruction des sols, désertification) ; une forêt dense ne traduit pas nécessairement un sol fertile ni une très forte production ; c'est le cas de la forêt amazonienne.

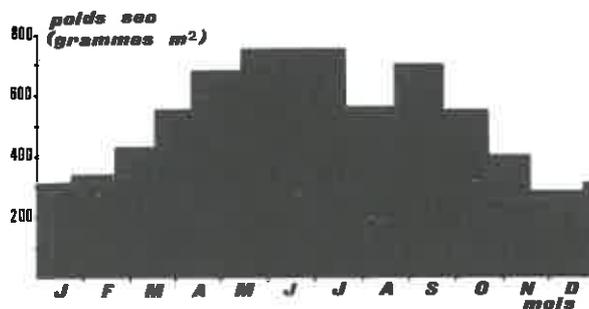


Fig. 30 : Evolution de la biomasse des feuilles de posidonies (en grammes de poids sec par m²) au cours de l'année, de Janvier (J) à Décembre (D), dans la Baie de Port-Cros (THELIN et BEDHOMME, 1981).

une oasis de vie

L'ALCHIMIE DE LA VIE.

En mer, comme sur terre, tout l'édifice de la vie repose sur les *végétaux*.

Ce sont les végétaux, en effet, et eux seuls (1), qui savent *créer de la matière vivante nouvelle*. Pour cela, il leur faut des ingrédients très simples :

- de l'eau H₂O
- du dioxyde de carbone CO₂ (= gaz carbonique)
- des sels minéraux.

De l'énergie est nécessaire pour cette synthèse : c'est la *lumière* du soleil, captée grâce aux molécules vertes de la *chlorophylle*. On nomme *photosynthèse* cette synthèse de matière vivante.

Dans la photosynthèse, il y a un sous-produit, un *déchet* pour les végétaux, mais un élément précieux pour la plupart des êtres vivants : l'*oxygène*. Les végétaux *cassent* en effet les molécules d'eau (H₂O) pour y récupérer l'hydrogène (H), qui seul les intéresse, et rejettent l'oxygène (O).

Les animaux, qu'ils soient herbivores ou carnivores, ne créent pas réellement de matière vivante nouvelle ; ils se contentent de prélever de la matière vivante préexistante, et de la *transformer*. Cette transformation s'accompagne d'ailleurs d'une déperdition importante, de l'ordre de 80 à 90% : on estime en effet qu'il faut en moyenne 7 à 10 kg. de

nourriture (en poids sec) à un animal pour augmenter son propre poids de 1 kg.

Sans les végétaux (et les bactéries), la vie animale serait donc totalement impossible à la surface de la terre ; et en outre, l'atmosphère ne comporterait pas d'oxygène.

C'est parce que les végétaux sont l'*usine* où se crée de la nouvelle matière vivante que l'on désigne sous le nom de *production primaire* le poids de matière vivante créé grâce à la photosynthèse (on l'exprime généralement en kilos de poids sec par ha et par an).

LA BIOMASSE.

Les données dont nous disposons sont encore très fragmentaires ; elles ne concernent pas toutes la même saison, la même profondeur, la même région. Il s'agit parfois de résultats partiels des recherches qui se déroulent actuellement, en particulier dans les eaux du Parc National de Port-Cros. Faute de mieux, nous combinons donc des pièces provenant de puzzles différents, mais nous sommes donc bien conscients du caractère hypothétique des chiffres que nous avançons.

(1) avec certaines bactéries.

Auteurs	Région	Saison	Profondeur	Biomasse des feuilles en kilos par hectares (poids sec)
THELIN et BEDHOMME, 1981 ...	Port-Cros	Été	2,5 m.	5 500 - 7 500
THELIN et BEDHOMME, 1981 ...	Port-Cros	Hiver	2,5 m.	3 000 - 5 500
OTT et MAURER, 1977	Golfe de Naples	Mai-Juillet	4 m.	6 000 - 17 000
DREW et JUPP, 1976	Malte	Été	6 m.	8 000 - 19 500
BAY, 1979	Corse	Juin	10 m.	3 500 - 4 740*
JUPP, 1977	Marseille	Été	8-15 m.	2 980 - 6 000
DREW et JUPP, 1976	Malte	Été	25-30 m.	5 000 - 11 000
BAY, 1979	Corse	Août	30 m.	700 - 1 880*

Tableau II : Quelques données sur la biomasse des feuilles de posidonies, en kilos de poids sec par hectares (*= poids sec décalcifié).

	Biomasse en kilos de poids sec à l'hectare	Référence
FLORE		
Feuilles de posidonies	6 500	THELIN et BEDHOMME, 1981
Epiphytes des feuilles	480	LIBES, inédit
Rhizomes de posidonies	28 000	OTT et MAURER, 1977
Epiphytes des rhizomes	14	DREW, 1971
FAUNE		
Endofaune de la matte	1 486	HARME LIN, 1964
Oursins <i>Paracentrotus lividus</i>	1 250	BOUDOURESQUE, inédit
Crabes	25	VADON, 1981
Poissons <i>Sarpa salpa</i>	160*	FAGIANELLI et COOK, 1981
Reste de la faune	100	

Tableau III : Biomasse de la faune et de la flore dans un herbier de posidonies théorique (les données compilées proviennent de régions et de profondeurs différentes). *= les auteurs n'ont pas précisé s'il s'agit de poids sec ou de poids humide.

C'est pour la biomasse des feuilles de posidonies que les données sont les plus abondantes, ce qui permet de constater combien elles sont variables ; la valeur mesurée pour la baie de Port-Cros, en été, est comprise entre 5 500 et 7 500 kilos de poids sec à l'hectare. D'une façon générale, la biomasse des feuilles est maximale en été et à faible profondeur ; elle est plus faible en hiver, et diminue avec la profondeur (Tableau II, Fig. 30).

A cette biomasse des feuilles, il convient d'ajouter celle des rhizomes, des *épiphytes* (1) des feuilles, des *épiphytes* des rhizomes, soit un total d'environ 35 000 kilos à l'hectare pour la biomasse végétale (Tableau III).

Quant à la biomasse animale, nous l'estimons à 2 850 kilos de poids sec à l'hectare (Tableau III).

Au total, et avec certainement de très fortes variations en plus ou en moins, nous chiffrons la biomasse (animale et végétale) d'un herbier de posidonies autour de 38 tonnes de poids sec par hectare.

Comparée à la biomasse de certains peuplements terrestres, par exemple aux 300 tonnes par hectare des forêts à feuilles caduques d'Europe, la biomasse de l'herbier de posidonies peut paraître modeste (Tableau IV). En revanche, comparé aux autres peuplements marins de Méditerranée, l'herbier de posidonies apparaît comme l'une des plus fortes concentrations de matière vivante à l'hectare (Tableau V).

DES OASIS DANS UN DÉSERT IMMENSE.

Les fonds marins ne sont pas le jardin luxuriant que certains imaginent ; plus exactement, ils ne le sont que rarement.

Pour être propice à la vie, un fond marin doit être :

(1) Un épiphyte est un organisme qui vit fixé sur un végétal (ici, les feuilles de posidonies), auquel il n'emprunte qu'un support, en l'absence de tout parasitisme.

— bien éclairé, et donc peu profond ; quelques dizaines de mètres au maximum ; au delà, la quantité de lumière qui arrive sur le fond est insuffisante pour permettre la vie des végétaux photosynthétiques.

— approvisionné en sels minéraux ; ceux-ci sont apportés, en particulier, par les fleuves côtiers

Seule, une étroite bande côtière répond à ces deux exigences : quelques centaines de mètres de large, rarement quelques kilomètres. C'est là que se concentrent la vie végétale, et la vie animale qu'elle détermine.

Le reste des fonds marins, c'est-à-dire 99,9% de la surface de la Méditerranée ? un immense désert. Il n'y a plus de végétaux photosynthétiques, donc *autotrophes* (capables de créer eux-mêmes de la matière vivante) ; la faune est *rare, dispersée*, complètement *dépendante* des molécules organiques, des débris végétaux entraînés par les courants, des cadavres venus d'ailleurs, c'est-à-dire dépendante de la côte, de la surface. Reportez-vous au Tableau V : à 100 m. de profondeur, la biomasse des fonds méditerranéens est déjà celle des *déserts* terrestres.

Même dans l'étroite frange de vie littorale, la biomasse n'est pas répartie de façon uniforme : elle se concentre dans les tout premiers mètres (les peuplements à *Cystoseira stricta* par exemple), quelques peuplements un peu plus profonds comme le *Coralligène* (1), et, surtout l'herbier de posidonies.

Quand l'aménageur convoite quelques dizaines d'hectares pour un port, un endigage, une plage alvéolaire, il ne doit pas raisonner par rapport à la surface de la Méditerranée, mais par rapport à la seule surface occupée par les herbiers de posidonies et les peuplements denses d'algues sur roche.

(1) Entre 30 et 40 m. de profondeur, les fonds coralligènes constituent l'un des objectifs préférés des plongeurs : édifices fragiles construits par les algues calcaires, gorgones, éponges ramifiées, etc.

Écosystème	Biomasse moyenne (en kg/ha)		Production moyenne (en kg/ha/an)	
	Végétale	Animale	Primaire	Secondaire
Forêt ombrophile tropicale	450 000	194	22 000	153
Forêt caducifoliée tempérée	300 000	157	12 000	60
Savanes	40 000	146	9 000	200
Toundra	6 000	4	1 400	4
Marécages	150 000	100	20 000	160
Déserts et semi-déserts buissonnants	7 000	4	900	4

Tableau IV : Biomasse et Production, en poids sec, dans les principaux écosystèmes continentaux (d'après WHITTAKER et LIKENS in LIETH et WHITTAKER, 1975).

Peuplement	Profondeur (en m.)	Biomasse végétale (en kg/ha)	Biomasse animale (en kg/ha)	Biomasse totale (en kg/ha)	Référence
Peuplement à <i>Cystoseira stricta</i>	0-1	13270-25990	2280-2970	16240-28270	BELLAN-SANTINI, 1969
Peuplement à <i>Corallina elongata</i>	0-1	1860- 2210	30-80	1890- 2290	BELLAN-SANTINI, 1969
Peuplement à <i>Stypocaulon scoparium</i>	0-1	3510- 7280	70-190	3580- 7470	BELLAN-SANTINI, 1969
Peuplement à <i>Ulva</i>	0-1	2930	440	3370	BELLAN-SANTINI, 1969
Sables Fins bien calibrés (SFBC)	10	—	4-74	4-74	MASSE, 1968
Fonds Détritiques Côtiers (DC)	50- 81	—	7-27	7-27	BOURCIER, 1976
Fonds Détritiques Côtiers (DC)	89-115	—	4-13	4-13	BOURCIER, 1976
Fonds Détritiques Envasés (DE)	75	—	13-101	13-101	REYS, 1964

Tableau V : Biomasse de quelques peuplements méditerranéens. Compte tenu des méthodes de prélèvement, les valeurs concernant les fonds meubles profonds sont sous-estimées. Les biomasses sont exprimées en poids secs décalcifiés.



Fig. 31 : La Baie de Port-Cros, au printemps : les feuilles de posidonies sont lourdement chargées d'algues qui les utilisent comme support, et que l'on nomme des *épiphytes*.

Quand l'aménageur convoite un fond d'herbier, il doit considérer le *Sahara méditerranéen*, et le chapelet d'oasis qui le borde ; il envisage de détruire une oasis ; devant, il y a des centaines et des centaines de kilomètres de *désert* ; c'est un choix, on peut le défendre ; mais il faut que les objectifs aient une importance formidable pour le justifier ; nous savons bien que ce n'est pas toujours le cas.

PRODUCTION PRIMAIRE.

Dans la baie de Port-Cros, la production primaire de l'herbier de posidonies a été étudiée ; elle se situerait aux alentours de 21 tonnes de matière sèche par hectare et par an, qui se répartissent comme suit :

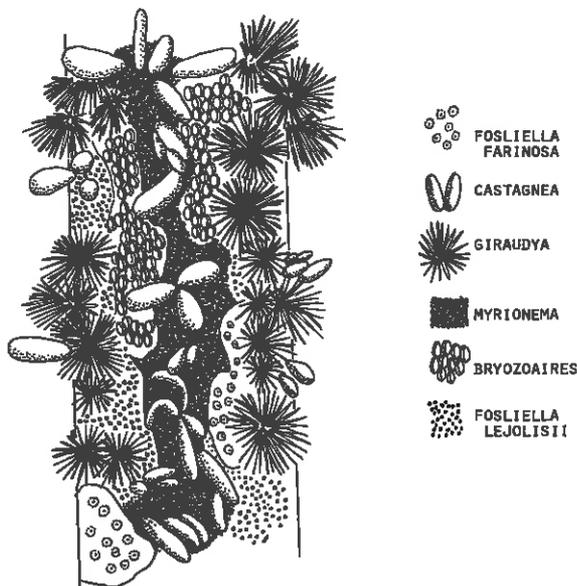


Fig. 32 : Une feuille de posidonie complètement recouverte par des épiphytes : algues rouges (*Fosliella*), algues brunes (*Giraudya*, *Myrionema*) et animaux coloniaux (Bryozoaires) (d'après BEN, 1971).

- 11 800 kg/ha/an pour les feuilles de posidonies (THELIN et BEDHOMME 1981).
- 280 kg/ha/an pour les rhizomes de posidonies (PERGENT et coll., 1982).
- 9 000 kg/ha/an environ pour les épiphytes des feuilles de posidonies ((LIBES, données provisoires).

Ces valeurs sont très approximatives ; dans le golfe de Naples, des chercheurs autrichiens ont abouti à

des chiffres très supérieurs ; en Corse (mais à une profondeur un peu plus grande), les valeurs de production semblent un peu plus faibles que celles que nous proposons.

Quoi qu'il en soit, l'herbier de posidonies semble bien présenter la plus forte productivité primaire de tous les peuplements méditerranéens ; compte tenu de l'incertitude qui affecte toutes les estimations de la production, on peut dire que celle de l'herbier de posidonies est du même ordre de grandeur que la production des forêts d'Europe, des cultures de céréales et des champs de grandes algues marines de l'Atlantique.

“H.L.M. POSIDONIES”, UN HABITAT A HAUTE DENSITÉ.

Les longues feuilles des posidonies constituent un support de choix pour toute une flore et une faune épiphytes.

A raison de 400 à 800 faisceaux au mètre carré, de 4 à 8 feuilles par faisceau, 50 à 100 cm. par feuille, les épiphytes disposent en effet d'une surface considérable.

Si l'on étalait côte à côte toutes les feuilles d'un seul mètre carré d'herbier, on couvrirait une surface comprise en général entre 10 et 25 m² (exceptionnellement : jusqu'à 50 m² : GIRAUD, 1977 ; GIRAUD et coll., 1977) : on appelle cette surface le *Leaf area index* (ou Indice foliaire), et on l'exprime en m² par m².

Pour connaître la surface réelle offerte aux épiphytes, il faut encore multiplier l'Indice foliaire par deux, puisque les feuilles ont deux faces.

En milieu marin, les animaux fixés et les algues (elles n'ont pas de racines) sont en compétition acharnée pour la recherche de supports potentiels et l'occupation de toute surface disponible : on comprend alors mieux l'importance de l'herbier de

posidonies. La multiplication de la surface initialement disponible au sol (20 à 50 m² par mètre carré de fond), multiplication en quelque sorte des possibilités de logement, est l'un des secrets de la fabuleuse richesse de l'herbier.

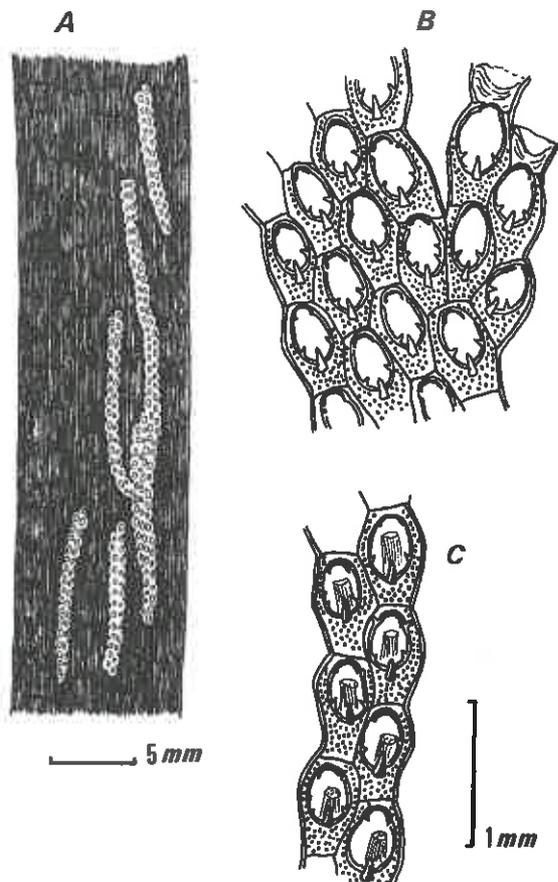


Fig. 33 : Colonie d'*Electra posidoniae*, un Bryozoaire qui ne vit que sur les feuilles de posidonies. A : quatre colonies sur un fragment de feuille. B et C : détails très grossis (d'après ISSEL, 1918 et GAUTIER, 1954).

LE PETIT MONDE DE L'HERBIER.

Très vite après sa naissance, une feuille de posidonie est colonisée par un gazon, pratiquement invisible à l'œil nu, constitué par des algues brunes (*Myriomena*) et des algues rouges (*Fosliella*). Ces premiers arrivants seront recouverts par d'autres algues un peu plus grandes : *Giraudya*, *Castagnea*, *Acrochaetium*.

Ces espèces vivent *en accéléré* : en quelques semaines, elles naissent, vivent, se reproduisent et meurent ; les générations se succèdent très vite ; c'est ce qui explique l'importance de leur *production primaire* malgré des dimensions et une biomasse relativement modestes.

En quelques semaines, les extrémités des feuilles de posidonies sont donc couvertes d'un feutrage extraordinairement dense d'épiphytes (Fig. 32).

Mais les épiphytes des feuilles ne sont pas uniquement végétaux ; si les algues, avides de lumière, se disputent surtout les extrémités des feuilles, la totalité de ces dernières est accessible aux animaux fixés. Ce sont des Bryozoaires (tel *Electra posidoniae*, Fig. 33), des Hydraires, de minuscules Foraminifères, une Actinie (*Parastephanauge paxi*), des vers Polychètes (*Spirorbis corrugatus*), une éponge (*Leucosolenia botryoides*), pour n'en citer que quelques uns.

D'autres espèces se déplacent sur les feuilles à la recherche de leur nourriture : de nombreux Gastéropodes (Fig. 34) broutent le feutrage épiphyte (*Rissoa*, *Rissoina*, *Bittium*), le crustacé *Idotea hectica* (Fig. 35) grignote les feuilles elles-mêmes (Fig. 37).

Le petit crabe *Achaeus cranchii* (Fig. 35) est très abondant dans l'herbier : jusqu'à 180 individus au mètre carré ; mais il se camoufle de façon remarquable et passe facilement inaperçu : il fixe, sur ses soies en crochet, des éléments du milieu environnant (des algues en particulier), et disparaît alors complètement sous son camouflage. Placé dans un nouvel environnement, 2 à 3 heures lui suffisent pour se débarrasser de son déguisement et le remplacer par des algues aux couleurs du nouveau

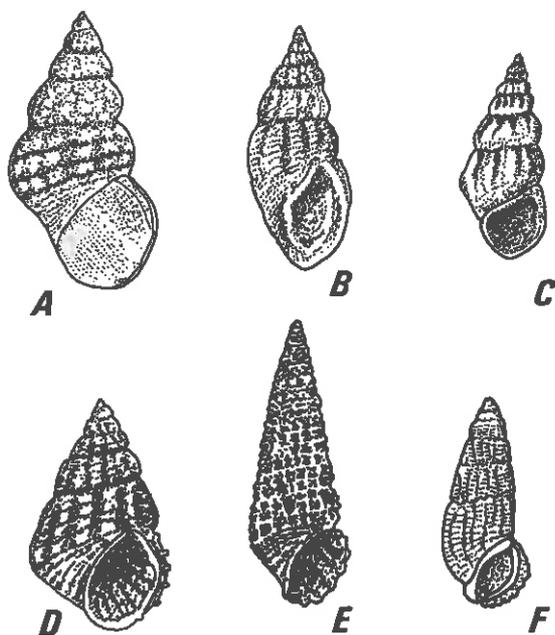


Fig. 34 : Quelques uns des nombreux gastéropodes qui rampent sur les feuilles de posidonies (grossis). A : *Rissoa variabilis*. B : *R. ventricosa*. C : *R. decorata*. D : *Alvania montagui*. E : *Bittium reticulatum*. F : *Rissoina bruguieri* (d'après MARS, 1954 et PARENZAN, 1970).

milieu. Il s'agrippe aux faisceaux de posidonies par ses pattes pourvues de crochets aigus, et broute les algues épiphytes, avec éventuellement les petits crustacés qui s'y cachent (VADON, 1981).

Moins abondantes mais un peu plus grosses, les araignées de mer du genre *Pisa* (*P. muscoa* et *P. nodipes*, Fig. 35) découpent et mangent de petits carrés de feuilles de posidonies (avec leurs épiphytes), mesurant 0.5 à 2 mm. de côté (VADON, 1981).

Par sa taille, ses effectifs (jusqu'à 40 individus au mètre carré dans la baie de Port-Cros) et sa voracité, l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* est certainement le principal consommateur des posidonies.

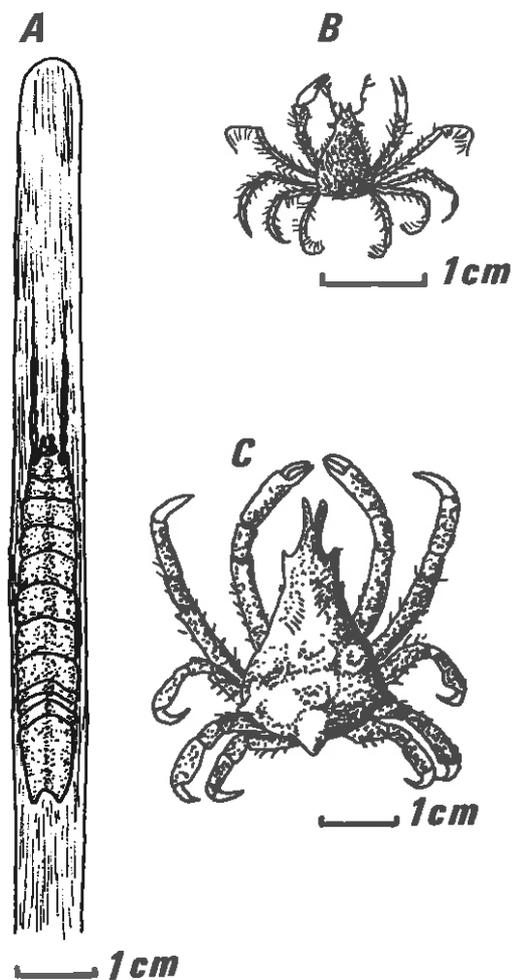


Fig. 35 : Quelques crustacés mangeurs de feuilles de posidonies ou d'épiphytes des feuilles. A : *Idotea hectica*. B : *Achaeus cranchii*. C : *Pisa nodipes* (d'après ISSEL, 1918 et RIEDL, 1970).

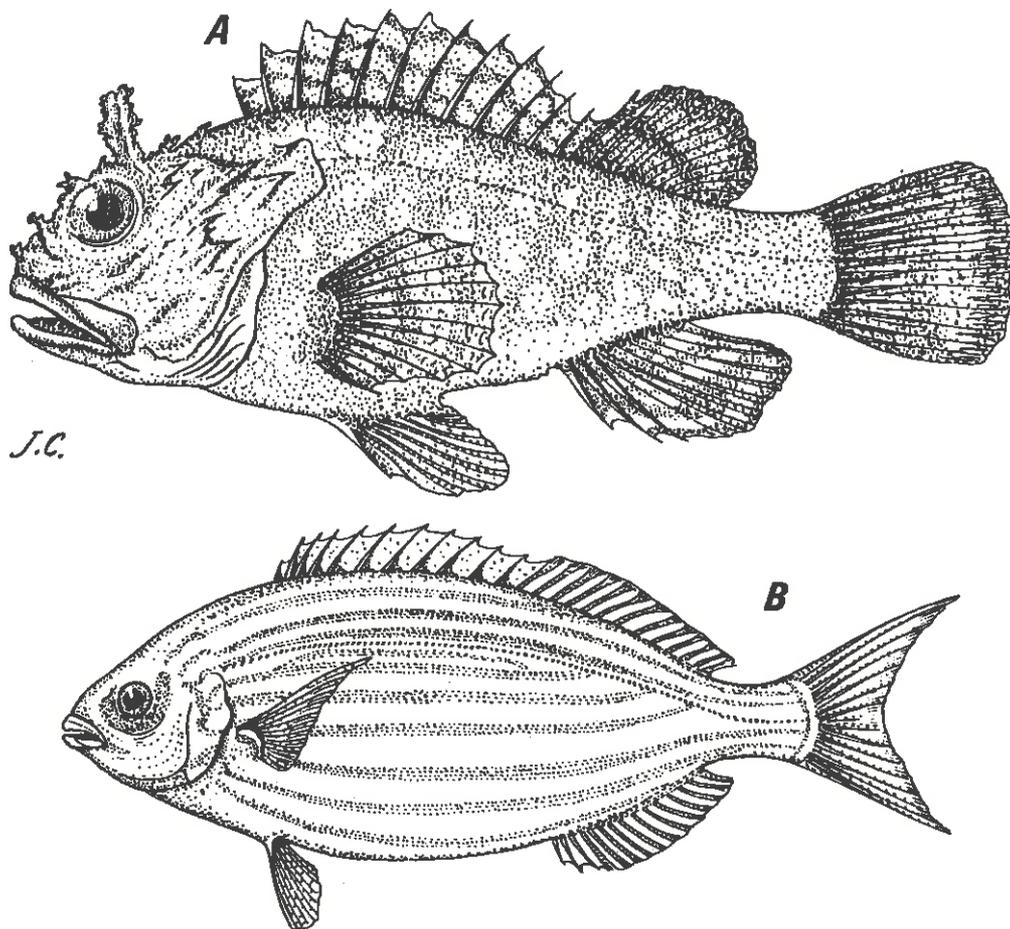


Fig. 36 : La rascasse *Scorpaena porcus* (A) et la Saupe *Sarpa salpa* (B) sont des hôtes fréquents des herbiers de posidonies. Les bancs de saupes brotent activement les feuilles de posidonies et les épiphytes qu'elles portent (d'après CENTELLES, 1979).

Généralement immobile pendant le jour, caché entre les rhizomes, il se déplace surtout au début de la nuit : à Port-Cros, des individus marqués ont parcouru 0.5 m. à 3 m. en une nuit (AZZOLINA et BOUDOURESQUE, 1981). *Paracentrotus lividus* dé-

coupe de petits fragments de feuilles de posidonies, mesurant quelques millimètres de côté, qu'il ingère avec leurs épiphytes. A Galeria, NEDELEC et coll. (1981) ont évalué à 0.5 gr. de poids sec la ration alimentaire journalière d'un individu, ce qui revêt



Fig. 38 : Sur le front externe d'un récif-barrière de posidonies de la Baie de Port-Cros, un *exclos*. Il interdit aux saupes l'accès à la parcelle qu'il délimite.



Fig. 39 : Vue sous-marine d'un *exclos*, dans l'herbier de posidonies de la Baie de Port-Cros.

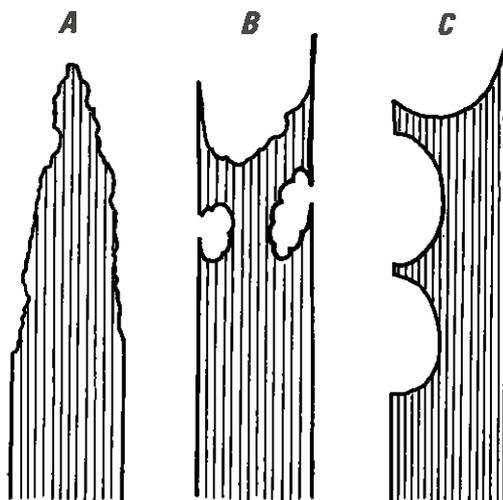


Fig. 37 : Sur la piste des brouteurs de feuilles de posidonies. A : attaque irrégulière par l'oursin *Paracentrotus lividus*. B : grignotage méthodique par le petit crustacé *Idothea hectica*. C : les larges coups de dents de la saupe *Sarpa salpa*.

une grande importance compte tenu de la densité des populations de l'oursin comestible.

D'autres oursins se rencontrent dans l'herbier : le petit *Psammechinus microtuberculatus*, à piquants courts et blancs, et le *Sphaerechinus granularis*, beaucoup plus gros, violet, avec des piquants à extrémités arrondies et blanches ; ce dernier n'entre pas en compétition avec l'oursin comestible pour son alimentation, puisqu'il consomme surtout les rhizomes et les racines de la posidonie ainsi que, dans une moindre mesure, les algues épiphytes des rhizomes (VERLAQUE, 1981).

La Saupe (*Sarpa salpa*) est l'un des plus beaux poissons de Méditerranée (Fig. 36) ; ses flancs argentés sont décorés de longues bandes jaunes, mais sa chair n'est que moyennement appréciée ; certains poissonniers la revalorisent un peu en la dénommant *daurade rayée*. D'immenses bancs de saupes, dont certains comptent plusieurs centaines

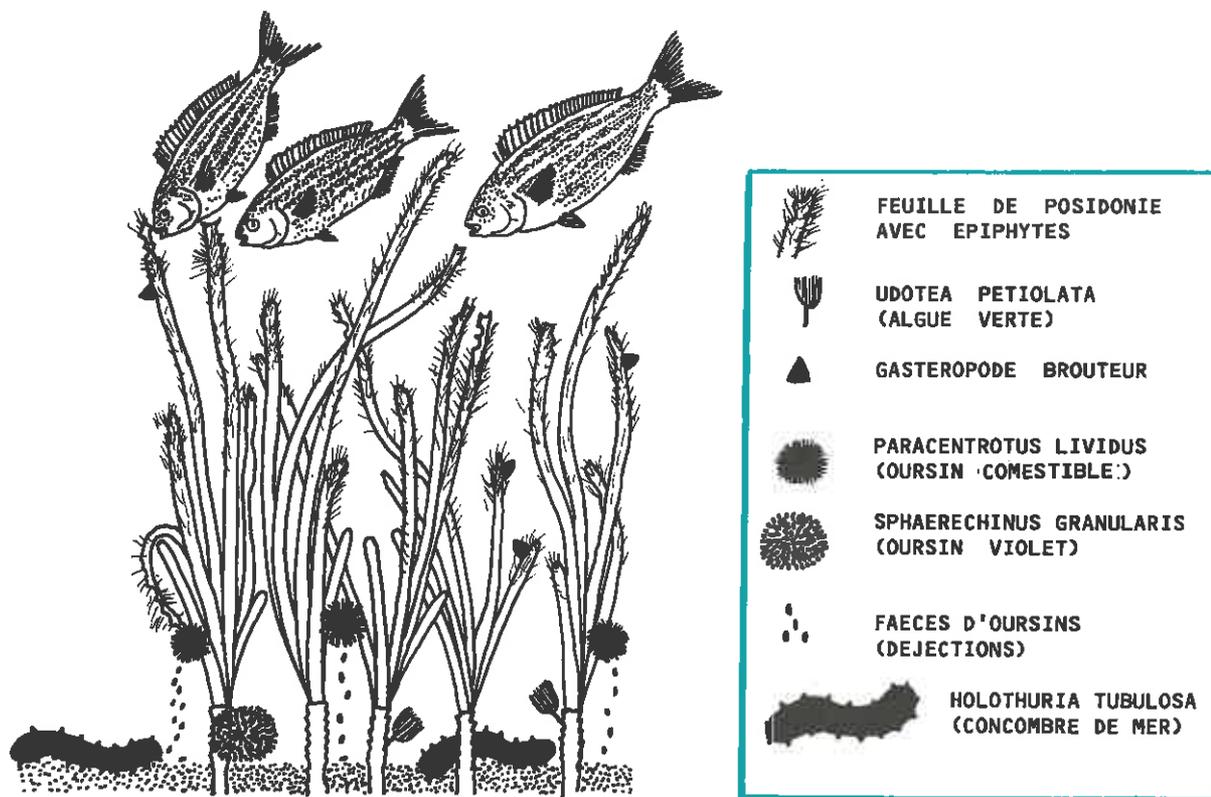


Fig. 40 : Les principaux consommateurs directs et indirects de la posidonie et de ses épiphytes.

d'individus, parcourent les herbiers peu profonds, entre 0 et 10 m. de profondeur. Dans la baie de Galeria (Parc Naturel Régional de Corse), FAGGIANELLI et COOK (1981) ont découvert la vie bien réglée, routinière, des bancs de saupes : chaque jour, le banc décrit un itinéraire invariable, passe à heure fixe à chaque point de son parcours, avant de revenir dormir à son point de départ.

Les saupes sont des herbivores ; elles mangent ce qui se trouve sur leur itinéraire ; lorsque leur itinéraire est situé sur un herbier de posidonies, elles mangent les feuilles et leurs épiphytes (VERLAQUE, 1981). Elles y découpent, avec leurs dents, des bouchées en forme de demi-cercle, aux bords bien nets : on reconnaît facilement sur les feuilles le passage des saupes (Fig. 37).

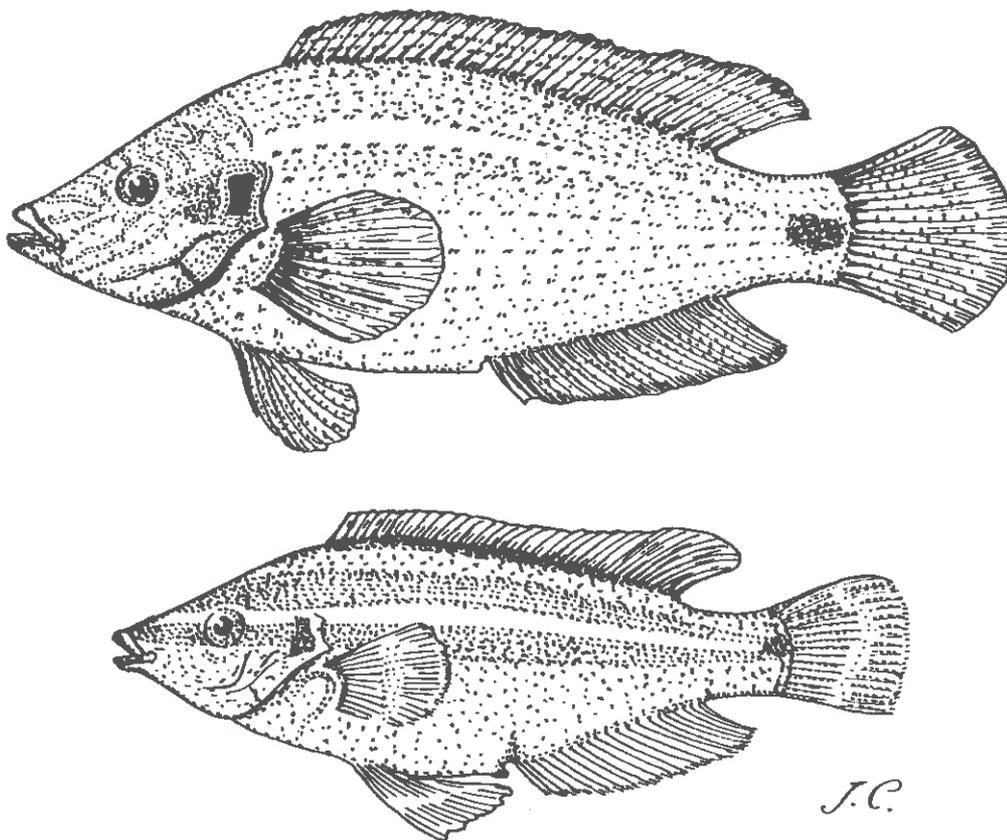
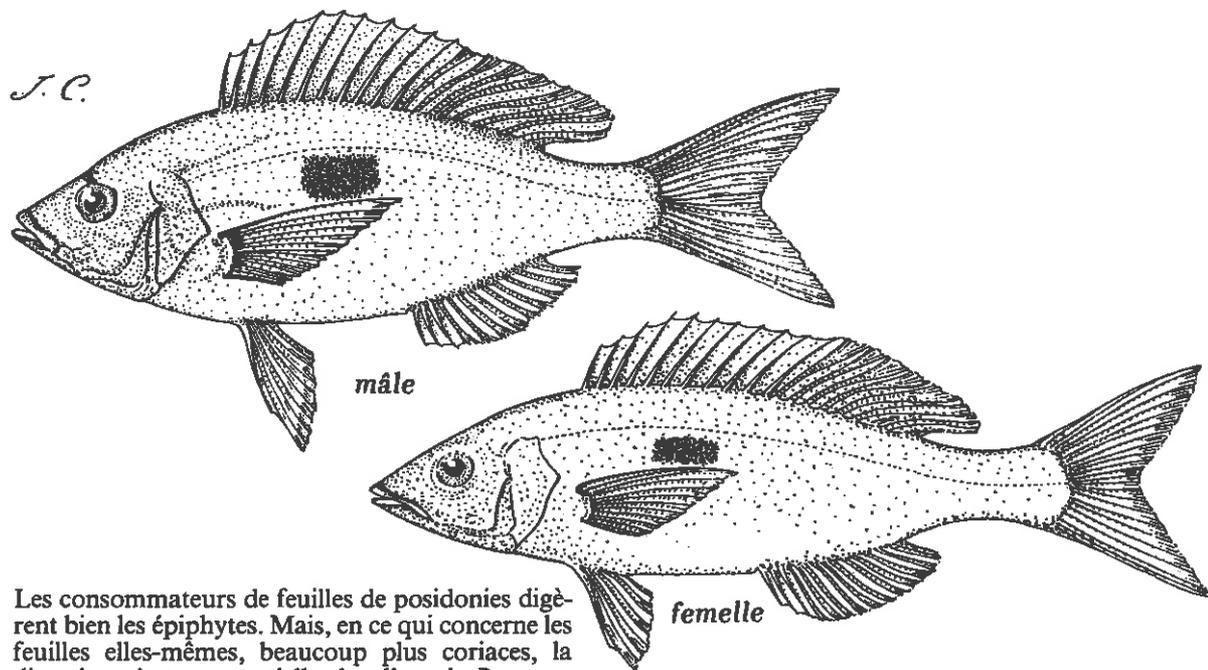


Fig. 41 : Le crénilabre *Symphodus ocellatus* mâle (en haut) et femelle (en bas) : une des nombreuses espèces de poissons habitant l'herbier de posidonies (d'après CENTELLES, 1979).

Pour brouter, les saupes n'hésitent pas à s'aventurer à très faible profondeur ; on les voit souvent par exemple, sur le récif-barrière de la baie de Port-Cros, dans quelques dizaines de centimètres d'eau : lorsqu'elles se disposent tête en bas pour brouter, des dizaines et des dizaines de nageoires caudales dépassent en même temps la surface de l'eau qui semble alors bouillonner. Localement, le broutage peut être intense (Plage du Sud : LABOREL-DEGUEN et LABOREL, 1977). C'est pour évaluer l'importance

du broutage des posidonies par les saupes qu'ont été construits les *exclos* que l'on aperçoit dans la baie de Port-Cros (Fig. 38, 39) ; un *exclos* est une surface close dont une ou plusieurs espèces sont exclues (donc le contraire d'un *enclos*). En faisant la différence entre la biomasse des posidonies à l'intérieur des *exclos* (où les saupes n'ont pas accès) et à l'extérieur, on obtiendra une estimation de ce broutage (THELIN et coll., 1981).



Les consommateurs de feuilles de posidonies digèrent bien les épiphytes. Mais, en ce qui concerne les feuilles elles-mêmes, beaucoup plus coriaces, la digestion n'est que partielle chez l'oursin *Paracentrotus lividus*, et surtout chez la saupe. Y a-t-il gaspillage ? absolument pas : les *holothuries*, encore nommées *concombres de mer*, en particulier *Holothuria tubulosa*, vont ingérer les *faeces* (déjections) partiellement digérées des oursins (TRAER, 1980 ; VERLAQUE, 1981). Il y a là un bel exemple de complémentarité entre des herbivores capables d'accéder aux feuilles en place, et un détritivore rampant sur le sédiment (Fig. 40).

Les saupes ne sont pas, bien sûr, les seuls poissons vivant dans l'herbier (Fig. 41, 42). Par le nombre des espèces aussi bien que des individus, les poissons y sont très nombreux. L'herbier constitue une *nurserie* (pour les jeunes poissons) et un *abri* (pour les adultes) très sûr. Les plongeurs ne soupçonnent pas toujours cette richesse de l'herbier, à cause justement de l'efficacité des refuges qu'il offre : à la moindre alerte, tout ce qui possède des pattes ou des nageoires plonge sous le couvert des feuilles, parfois des rhizomes.

Fig. 42 : La mendole *Spicara maena* tourne en bancs innombrables au dessus des herbiers de posidonies relativement profonds (d'après CENTELLES, 1979).

Nous n'avons cité que quelques unes des espèces qui vivent dans les herbiers de posidonies ; il faudrait encore parler des épiphytes des rhizomes, avec en particulier le petit foraminifère rouge *Miniacina miniacea* et la belle algue verte en forme d'éventail *Udotea petiolata* (Fig. 40), mentionner la faune vivant à l'intérieur de la matre, très riche en vers polychètes. Ce sont au total plus de 400 espèces différentes d'algues, et *plusieurs milliers d'espèces animales*, qui peuplent les herbiers de posidonies de nos côtes et qui en font, et de très loin, le milieu vivant le plus riche de toute la Méditerranée.

LES BANQUETTES DE FEUILLES MORTES

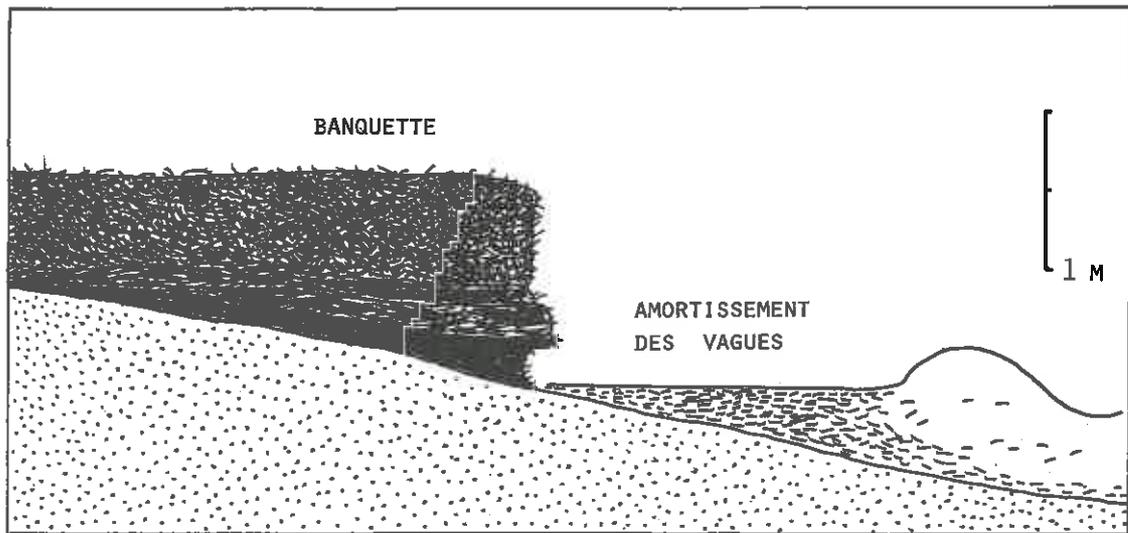
Les feuilles mortes de posidonies stagnent sur le fond ou se rassemblent, au gré des courants, dans des zones de décanation. Lors des tempêtes d'automne, une grande partie de ces feuilles est rejetée sur les plages, parfois en quantités énormes.

On nomme *banquettes* ces accumulations de feuilles sur les plages, limitées par une falaise d'érosion côté mer, et plus ou moins horizontales côté terre.

Dans la baie de Port-Man, la banquette atteignait 1 m. de hauteur, dans les années 50. Mais des banquettes beaucoup plus hautes (plus de 2 m.) ont été signalées autour de la Méditerranée (Sardaigne, Sicile, Tunisie).

Actuellement, le long des côtes françaises de la Méditerranée, il semble bien que l'importance des banquettes décroisse d'année en année, peut-être en liaison avec la *régression des herbiers de posidonies* ; en 1920, par exemple, on trouvait sur la côte des Albères (Pyrénées Orientales) des banquettes de plusieurs décimètres de haut en des lieux où il n'existe plus de vraie banquette de nos jours ; à Port-Cros, la banquette de Port Man s'est considérablement réduite depuis 10 ans.

La base des banquettes est soumise à l'érosion marine : les débris de feuilles, repris par la mer, constituent une sorte de "purée" épaisse qui amortit les vagues par sa viscosité, sur quelques mètres en avant de la banquette. Les banquettes contribuent ainsi à *protéger les plages* contre l'érosion marine lors des tempêtes.



L'utilisation de la posidonie à travers les âges

Ce n'est pas sans une certaine surprise que l'on découvre que l'utilisation par l'homme de la posidonie a été générale, variée, au cours des siècles passés, même si les usages n'ont jamais revêtu un caractère industriel.

Ce sont surtout les feuilles mortes, rejetées à la côte sous la forme d'épaisses *banquettes*, qui ont donné lieu à toutes sortes d'exploitations ; mais les *olives de mer* (fruits de la posidonie), et même les *pelotes de mer*, ont également été exploitées.

LA PAILLE DE VENISE.

Pendant des siècles, les feuilles de posidonies ont été connues sous le nom de "*paille de Venise*" : en ces temps lointains où n'existaient ni le plastique à bulles ni le polystyrène expansé, les exportateurs vénitiens emballaient leur célèbre verrerie dans des feuilles de posidonies ; à la satisfaction générale, semble-t-il.

MATÉRIAU D'ISOLATION.

En Egypte et en Afrique du Nord, les riverains de la Méditerranée utilisaient encore, au début du siècle,

les feuilles séchées de posidonies pour la construction des toits. En Corse, Gérard FERACCI a découvert, sous le toit d'une ancienne bergerie, un revêtement de feuilles de posidonies probablement destinées à l'isolation thermique. En Grèce et en Sicile, des essais de fabrication et d'utilisation d'agglomérés destinés à l'isolation thermique ou phonique ont été faits, il y a 20 à 30 ans.

ENGRAIS OU AMENDEMENT.

Tout autour de la Méditerranée, les feuilles de posidonies ont été régulièrement utilisées par les agriculteurs ; dans les Cévennes siliceuses, on les importait même par wagons de chemin de fer. Il semble que la feuille de posidonie ne constitue pas réellement un engrais, mais qu'elle contribue à maintenir une certaine humidité à la surface du sol, ou à aérer des sols trop lourds lorsqu'elle y est enterrée. De nos jours, ces usages se sont généralement perdus, mais des tentatives viennent d'être faites, en Tunisie, pour réaliser un compost à usage horticole à partir des feuilles de posidonies : les résultats sont intéressants (SAIDANE et coll., 1979).

L'ALIMENTATION ANIMALE... ET HUMAINE.

La feuille de posidonie fraîche possède théoriquement une bonne valeur nutritive, assez comparable à celle du foin ou de la luzerne. En Italie, on a pu améliorer la ponte et le poids des œufs de poules en incorporant à leur alimentation des feuilles pulvérisées (BALDISERRA-NORDIO et coll., 1967).

En Tunisie, dans les années 20, POTTIER n'a réussi à convaincre qu'une seule chamelle à goûter — et à goûter seulement — des feuilles de posidonies ; ânes et moutons s'y sont refusés obstinément. Deux chevaux par contre ont accepté facilement des posidonies en supplément à leur fourrage, et ne s'en sont pas plus mal portés ; la chronique de l'époque dit que leur crottin avait belle apparence.

Les olives de mer semblent par contre beaucoup plus appréciées par le bétail, qui les consomme régulièrement en Afrique du Nord (en particulier en Tunisie) ; un auteur ancien leur reproche toutefois de donner mauvais goût à la viande. A Galeria, en Corse, selon Roger MINICONI, les olives de mer sont ramassées pour nourrir les cochons lorsque des fructifications importantes ont lieu. Madame CONRAD a observé des goélands en nourrissant leurs poussins.

Lors des disettes, l'homme a consenti à goûter à ces olives de mer : séchées, broyées, mélangées à d'autres farines, on en faisait un pain noirâtre ; pendant la guerre de 1939-1945, les habitants des îles Kerkennah, en Tunisie, ont à nouveau eu recours à cet aliment, en l'incorporant cette fois à la "graine" de coucous. Nous n'avons pas eu la chance de goûter à un plat préparé à partir de farine d'olives de posidonies, mais nous croyons que la gastronomie n'y gagnait pas, si l'on considère que son usage n'a jamais survécu aux périodes de disette...

QUELQUES USAGES INATTENDUS.

Par curiosité ou par nécessité, les hommes ont trouvé bien d'autres usages aux posidonies. Dans l'antiquité, les égyptiens auraient fabriqué des chaussures de "feutre" à partir des pelotes de mer ; plus près de nous, on a utilisé les feuilles mortes rejetées en *banquettes* sur les plages pour confectionner des paillasses pour les hommes, des litières pour les animaux. Il y a plus de 100 000 ans, vers la fin de la glaciation du Riss, les hommes de la grotte du Lazaret (Alpes-Maritimes) dormaient sans doute déjà sur des feuilles de posidonies (DE LUMLEY et coll.). Vers la fin du siècle dernier, on a réussi à en faire du papier ; les égyptiens leur attribuent des vertus curatives (maux de gorge et maladies de la peau). Bien d'autres usages encore, plus ou moins anecdotiques et difficilement vérifiables, pourraient être cités.

L'OR VERT EN MÉDITERRANÉE ?

La posidonie semble donc avoir donné lieu, jusque dans un passé récent, à une foule d'usages. L'utilisation par l'homme de la matière organique produite par les posidonies peut-elle se développer à nouveau ? si les utilisations anciennes peuvent constituer un réservoir d'idées qu'il serait dommage de négliger, il convient d'être extrêmement prudent en ce domaine : le rôle des banquettes de posidonies dans la protection des plages commence à être perçu, et l'impact qu'aurait sur le milieu marin, leur exploitation intensive, est trop mal connu. Quant aux herbiers en place, il est clair que le problème le plus urgent est actuellement celui de leur *dramatique régression* tout le long de nos côtes, et non celui de la récolte industrielle des feuilles vivantes !

L'exploitation des posidonies est pourtant une éventualité qui ne doit pas être repoussée *a priori*, et cela d'autant plus que, sans aller jusqu'à l'échelle industrielle, il y a peut-être place pour des exploitations ponctuelles, localisées, en particulier dans les régions de Méditerranée où les herbiers ne paraissent pas menacés.

pour nous servir

Que serait la Méditerranée sans les posidonies ?

Pourrions-nous nous passer des posidonies ?

Ce sont des questions auxquelles il est bien difficile de répondre en toute objectivité. D'abord parce que nos connaissances scientifiques sont encore insuffisantes, et ensuite parce qu'une telle hypothèse est toujours quelque peu hasardeuse, et que l'on espère bien ne jamais avoir à la vérifier.

Quoi qu'il en soit, les posidonies interfèrent avec les autres habitants du milieu marin, avec les autres peuplement marins, avec nous-mêmes, de multiples façons. Nous ne passerons en revue ici que quelques unes de ces interférences.

OXYGÈNE.

Une des conséquences de la photosynthèse des végétaux est la production d'oxygène. Les herbiers de posidonies seront donc un facteur important de l'oxygénation des eaux.

A 10 m. de profondeur, en Corse, un mètre carré d'herbier dégage jusqu'à 14 litres d'oxygène par jour (Tableau VI).

Mois	Oxygène produit par la photosynthèse	Oxygène consommé par la respiration	Surplus d'oxygène
Novembre - Décembre ...	4	1	3
Mars	4	2	3
Mai	4	3	1
Juin	20	6	14
Août	10	6	4
Septembre	6	4	2

Tableau VI : Production, consommation et surplus d'oxygène, en litre par m² d'herbier et par jour, à 10 m. de profondeur dans la baie de Calvi, Corse (d'après BAY, 1978, simplifié).

LES OYATS DE LA MER.

Sur les côtes sablonneuses, chaque tempête met en mouvement des masses colossales de sédiment ; de véritables *dunes sous-marines*, hautes de plusieurs mètres, se déplacent alors en quelques jours.

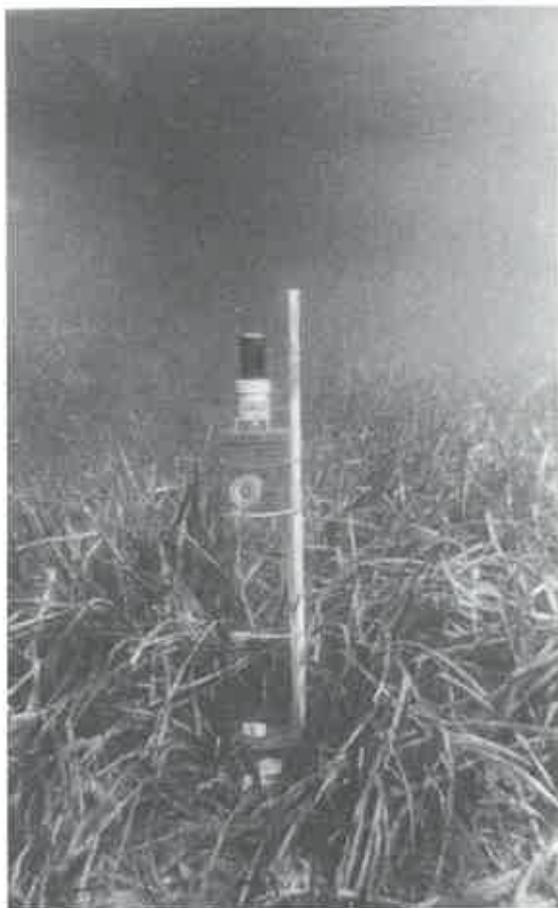


Fig. 43 : C'est en enfermant pendant une heure ou deux un faisceau de feuilles de posidonies dans une "cloche" en plexiglass que l'on mesure le dégagement d'oxygène, ainsi que la production primaire, dans un herbier de posidonies (ici vers 3 m de profondeur dans la baie de Port-Cros).

Les posidonies retiennent le sédiment dans le lacis inextricable de leurs rhizomes, et le protègent sous le tapis dense de leurs feuilles : elles stabilisent les fonds. On peut comparer le rôle des posidonies à celui des oyats et des pins qui fixent les dunes du littoral atlantique des Landes.

La destruction d'un herbier de posidonies, puis de sa matre, dans un secteur exposé aux tempêtes, aura donc pour effet de remettre en mouvement des millions de tonnes de sédiments qui pourront être entraînés vers le large, mais aussi être jetés à la côte, ou bien progresser le long du littoral, avec les conséquences que l'on imagine sur les aménagements, ports, plages, etc. (BLANC, 1974 ; JEUDY DE GRISSAC, 1975).

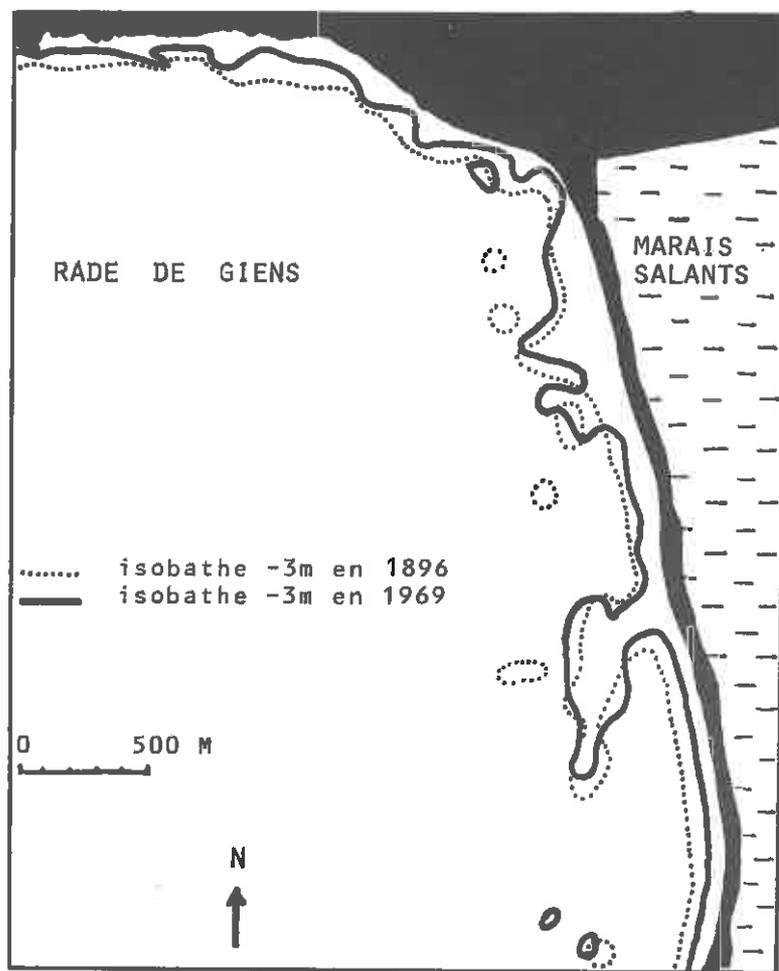
AMORTISSEMENT DES HOULES.

De la même façon qu'un gazon d'algues, même insignifiant, qui se développe sur les parois cimentées d'un canal peut en diminuer le débit de 20 à 30%, simplement en modifiant la circulation des filets d'eau à l'interface eau-paroi, les herbiers de posidonies amortissent les houles qui se développent au dessus d'eux.

Ce sont les posidonies qui ont édifié, ou tout au moins joué un rôle prépondérant dans leur mise en place, les deux flèches du tombolo de Giens (BLANC, 1958), et ce sont encore elles (les herbiers des rades de Giens et d'Hyères) qui en assurent la permanence.

Dans la rade de Giens, la régression des herbiers de posidonies, consécutive à la pollution, a eu pour conséquence le renforcement de la puissance des houles. Sans l'intervention des Ponts et Chaussées, qui ont effectué d'importants travaux d'empierrement, une des flèches du tombolo de Giens et la route qui l'emprunte auraient été emportées par les tempêtes. Depuis 1956, la flèche a reculé de 50 à 80 m vers son milieu, et de 75 à 90 m dans son tiers Sud (JEUDY DE GRISSAC, 1975).

Fig. 44: L'isobathe - 3m en 1896 et en 1969, dans la Rade de Giens. Localement, la montée des fonds s'est poursuivie et l'isobathe - 3m s'est éloignée de la côte. Ailleurs, la destruction des herbiers de posidonies a eu pour conséquence le déplacement de l'isobathe - 3m vers la côte (d'après MAGGI, 1973).



LE GRENIER A BLÉ DE LA MÉDITERRANÉE.

Nous avons vu que l'herbier de posidonies était le peuplement le plus riche et le plus productif de toute la Méditerranée.

Mais l'importance des herbiers de posidonies tient aussi au fait que cette richesse n'est pas à usage uniquement interne : une grande partie de leur pro-

duction est *exportée*. On a estimé à 30% la part de la production qu'ils exportent, principalement sous forme de feuilles mortes entraînées par les vagues et les courants.

Après un parcours plus ou moins long, les feuilles mortes se déposent. Elles se déposent partout : sur

les algues calcaires des fonds de *maerl*, sur les sables superficiels, sur les fonds de vase du plateau continental, dans les prairies de *zostères* ou de *cy-modocées*...

NEDELEC (1982) montre que les feuilles de posidonies en épave constituent jusqu'à 40% de la ration alimentaire des oursins vivant sur roche. Lorsque ZIBROWIUS (1978), à bord d'une *soucoupe plongeante*, se pose sur le rebord du *canyon sous-marin* des Stoichades, au large des îles d'Hyères, entre 220 et 240 m de fond, c'est un sédiment jonché de feuilles mortes de posidonies qu'il aperçoit dans le faisceau lumineux des projecteurs.

Il n'existe probablement pas un seul mètre carré de la Méditerranée, aussi profond et aussi éloigné des côtes soit-il, qui ne voit arriver, une fois ou l'autre, une feuille morte de posidonie.

En certains points du plateau continental, dans des *zones de décantation* situées au centre de cellules de courants, le matériel végétal issu des posidonies peut s'accumuler en quantités considérables. On connaît de telles zones au Nord du Cap Béar, au Nord et à l'Est-Sud-Est de l'île Maire à Marseille, devant Cassis, et à l'Est de la Presqu'île de Giens (PERES, 1953 ; PERES et PICARD, 1954).

Les feuilles de posidonies, attaquées par des *décomposeurs* (Bactéries, champignons), sont dilacérées en débris de plus en plus petits. Les consommateurs de ces débris semblent ne digérer que les bactéries et les champignons, et rejeter le reste, qui pourra être réattaqué.

La chaîne alimentaire comporte des flagellés et des ciliés microscopiques, puis des crustacés Amphipodes qui constituent la base de l'alimentation d'un grand nombre de poissons (KIKUCHI et PERES, 1973 ; PICARD, 1965). Les zones de décantation où s'accumulent les débris de posidonies sont également

riches en violets (nommés "*violets de roche*" à Marseille).

Pour certains peuplements superficiels du plateau continental, l'apport de feuilles mortes de posidonies n'est sans doute qu'un complément sans grande importance, compte tenu des ressources de la production locale. Mais pour un grand nombre de peuplements profonds, il semble bien que la "pluie" de débris de posidonies constitue une source essentielle, indispensable, de *ravitaillement*, la base des chaînes alimentaires locales.

L'importance des herbiers de posidonies dépasse donc très largement les surfaces, somme toute modestes à l'échelle de l'ensemble de la Méditerranée, qu'ils recouvrent : les posidonies jouent un rôle capital dans le *budget alimentaire* de l'ensemble de la Méditerranée.

LA PROTECTION DES PLAGES.

Une partie des feuilles mortes de posidonies est entraînée par les tempêtes vers les plages et y est rejetée, constituant les *banquettes* dont il a été question page 56.

De tous temps, certaines plages ont été couvertes d'un tapis plus ou moins épais de feuilles mortes. Les baigneurs n'apprécient guère ces banquettes, qui "sentent la mer", et qui "font sale" (moins toutefois que les détritus divers que certains baigneurs n'hésitent pas à abandonner sur le sable...).

De nos jours, les plagistes éliminent généralement ces feuilles mortes, ce qui est peut-être une erreur : il semble bien en effet que les banquettes, qui s'édifient surtout à l'automne, contribuent à la protection des plages contre les vagues, lors des tempêtes, et que le recul de certaines plages célèbres puisse être attribué à cette pratique.

menaces sur l'herbier

L'immensité de certains herbiers, celui de la rade d'Hyères par exemple, leur luxuriance et leur densité, peuvent laisser croire qu'ils défient le temps et les hommes.

Il n'en est rien.

Les herbiers sont **fragiles, vulnérables**. Leur unique domaine, le proche littoral, est justement la zone qui leur est âprement disputée par les hommes. Leur domaine, c'était le Vieux-Port de Marseille, le littoral du Fort Saint-Jean à l'Estaque, à l'emplacement des ports actuels de Marseille ; leur domaine c'est encore le Golfe du Prado et la Rade de Villefranche. Presque tous les terre-pleins littoraux sont bâtis sur d'anciens herbiers, les ports conquis sur l'herbier (Fig. 45). C'est dans cette étroite frange littorale, cette oasis linéaire bordant le **sahara des fonds océaniques**, que se déversent les égouts des cités côtières (généralement sans traitement préalable), que les grands fleuves drainent les pollutions d'immenses bassins versants. C'est cette frange littorale qui est sans cesse écorchée par des dizaines de milliers d'ancre de toutes tailles et de toutes formes.

Partout, **les herbiers reculent**. Un peu plus vite ou un peu moins vite selon les secteurs, ce recul a pris des proportions catastrophiques au cours des 30 dernières années.

Bien sûr, l'herbier régresse à Marseille, à Nice, à Toulon ; mais il régresse aussi dans les Pyrénées-Orientales et à Port-Cros (Fig. 46).

S'il est un signe, en apparence anodin, qui ne trompe pas quant au recul des herbiers sur nos côtes, c'est la diminution de hauteur, ou même la disparition, des banquettes de feuilles mortes sur les plages ; c'est vrai à Port-Cros, où la banquette de la plage de la Palud a presque disparu, où celle de la baie de Port-Man a bien diminué depuis 10 ans ; c'est vrai également dans les Pyrénées-Orientales, où nous avons vu que les banquettes de feuilles mortes ont pratiquement disparu.

L'AMÉNAGEMENT DU LITTORAL.

La construction de ports de plaisance ou de commerce, de terre-pleins gagnés sur la mer pour l'urbanisation (Bormes-les-Mimosas, Cannes-Mandelieu, Monaco-Fontvieille), pour la construction des parkings (Cannes, Villefranche, Les Issambres) ou pour l'extension d'un aéroport (Nice), la réalisation de plages alvéolaires (Toulon, Marseille-Prado,



Fig. 45 : Port, construction sur endigage, plage alvéolaire : dans les Alpes-Maritimes, 13% de la surface des fonds littoraux ont été définitivement stérilisés par ce type d'aménagements.

Fig. 46 : Carte des peuplements de la Baie de Port-Cros. En noir, le récif-barrière de posidonies. En 1970, date de l'établissement de cette carte, les mattes mortes occupaient déjà une grande partie de la baie. Depuis lors, elles se sont étendues : toute la zone cartographiée comme *herbier de posidonies dégradé*, en avant du récif, est maintenant occupée par des mattes mortes, tandis que de nombreuses intermattes se sont ouvertes dans la partie Sud de la baie. Certains appointements ont été allongés ou déplacés depuis 1970 (d'après AUGIER et BOUDOURESQUE, 1970. simplifié).



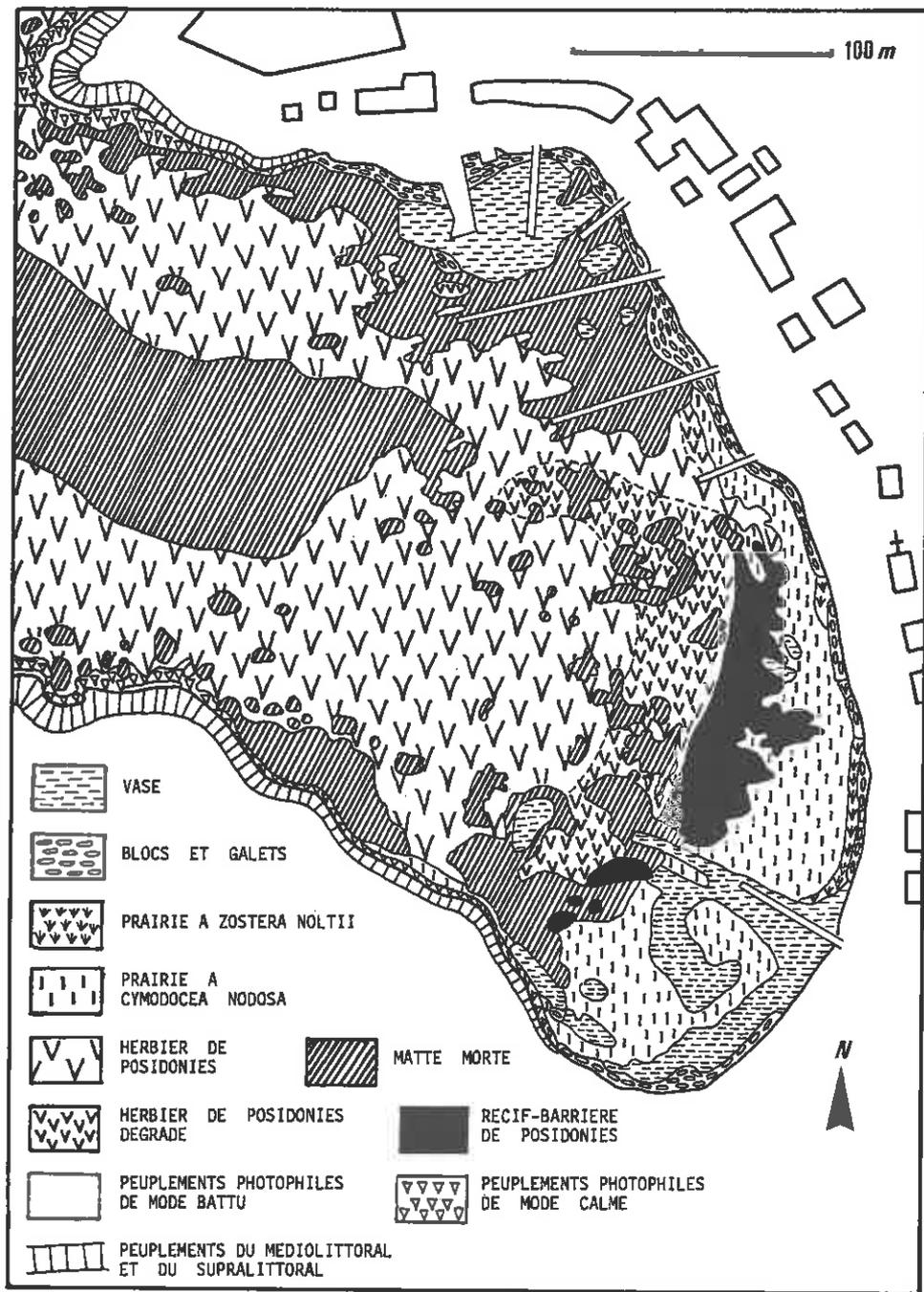




Fig. 47 : A la limite inférieure de l'herbier, une tache de matte morte (au premier plan).

Beaulieu), tous ces aménagements sont réalisés sur des petits fonds, c'est-à-dire, dans la plupart des cas, aux dépens d'herbiers de posidonies (Fig. 45).

L'enfouissement d'un herbier sous un terre-plein, ou sa mort lorsqu'il se trouve inclus dans un port, sont irréversibles : il est peu d'exemples de destruction volontaire d'un port ou d'un terre-plein gagné sur la mer. Nous verrons par ailleurs que toute compensation se révèle illusoire.

Compte tenu de l'étroitesse du plateau continental, le long de la plupart des côtes méditerranéennes, le moindre aménagement gagné sur la mer représente un pourcentage notable de ces petits fonds. Dans les Alpes-Maritimes, on a ainsi pu établir que, sur 5 300 hectares de petits fonds (situés entre 0 et 20 m), 700 ont été recouverts ou endigués par 43 ouvrages gagnés sur la mer, ce qui représente déjà 13% de l'ensemble des surfaces disponibles (MEINESZ et LEFEVRE, 1978). Naturellement, les zones atteintes par la pollution (en particulier au voisinage des ports), ou modifiées par les apports de terre en provenance des terre-pleins, ne sont pas comptabilisées dans ces 13%.

TURBIDITÉ ET POLLUTION.

L'eau de mer se charge de particules en suspension, provenant des chantiers littoraux ou des égouts ; elle est également enrichie en substances nutritives (nitrates, phosphates) provenant de ces mêmes égouts, mais aussi des égouts clandestins que sont devenus les ports de plaisance et les mouillages forains : on ne peut plus négliger, en effet, l'"effet Singapour" constitué par les milliers de plaisanciers campant et flottant sur leurs eaux usées. L'enrichissement des eaux provoque le développement exubérant d'organismes microscopiques (*plancton*). Particules en suspension et plancton constituent un écran à la lumière.

Comme tous les végétaux, les posidonies ont un besoin vital de lumière pour se développer (assurer leur photosynthèse). A la limite inférieure de l'herbier (vers 30 à 40 m de profondeur), la quantité de lumière qui parvient au niveau du fond est tout juste suffisante pour permettre à la plante de survivre. Si cette quantité de lumière qui leur parvient diminue de façon durable, les posidonies meurent : la limite inférieure de l'herbier remonte (Fig. 47).

Cette remontée de la limite inférieure des posidonies s'observe aux alentours de tous les grands centres urbains : ce sont des centaines d'hectares d'herbier qui ont ainsi disparu (MEINESZ et LAURENT, 1977). Dans de nombreuses baies des Alpes-Maritimes, la limite inférieure des herbiers est ainsi passée de -35 m à -25 m en quelques dizaines d'années. Dans la Baie du Prado (Marseille), la limite inférieure se situait également aux environs de 35 m à la fin du siècle dernier ; elle est remontée aux environs de 28-30 m (HARMELIN et TRUE, 1964), puis de 20-25 m. (FOUCHER, 1975).



Fig. 48 : Un herbier en train de mourir. Au premier plan, sur le sédiment vaseux, des *holothuries* (concombres de mer).

Au débouché des émissaires urbains, dont certains sont situés dans l'herbier, l'herbier a disparu, enseveli ou non sous un cône de vase polluée dont la dimension dépend du volume des eaux usées rejetées. Autour de cette zone, s'étendent des herbiers de posidonies plus ou moins gravement altérés : faible densité des faisceaux, alternance de taches d'herbier mort et de tache d'herbier vivant (Fig. 48).

DESTRUCTIONS MÉCANIQUES.

Dans sa masse, l'herbier est aussi atteint par l'action mécanique des ancrs des plaisanciers (Fig. 49), ou par les arts traïnants (dragues, chaluts, ganguis) des pêcheurs professionnels, qui arrachent des paquets de rhizomes. Les ancrs arrachent les posidonies,

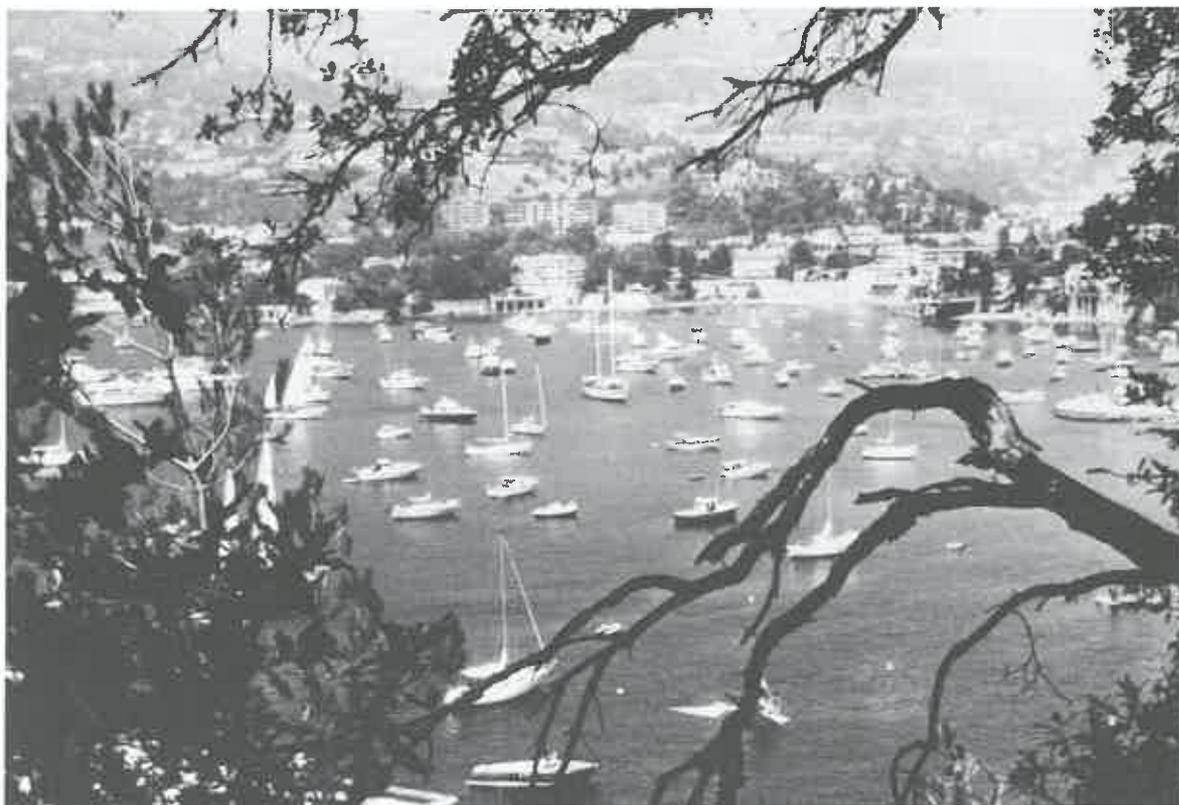


Fig. 49 : *Mouillage forain* dans les Alpes-Maritimes. Lorsque la densité et la fréquence des ancrages dépassent les capacités de régénération naturelle de l'herbier, celui-ci recule.

comme les crampons des footballeurs la pelouse d'un stade. L'herbier, comme la pelouse est capable de cicatriser : mais la vitesse de croissance des rhizomes est très lente, quelques centimètres par an au maximum. Au delà d'un certain seuil de densité et de fréquence des ancrages, la croissance des rhi-

zomes ne permet plus de reconquérir les trous et les brèches ouverts dans la matre ; la capacité de régénération naturelle est dépassée. Comme la pelouse d'un stade où ont lieu trop de matches, l'herbier se dégrade.

PARTOUT, L'HERBIER RECOULE.

Le recul de l'herbier de posidonies s'observe aux alentours des grandes agglomérations et ensembles portuaires ; nous avons vu qu'il s'observe également dans les Pyrénées-Orientales et autour de Port-Cros. Dans la Baie de Port-Cros, la fréquentation estivale (ancrages, rejets à la mer) semble en être responsable : en 30 ans, le recul des posidonies y a été spectaculaire (Fig. 46, 50). Mais les causes directes de la régression des posidonies ne sont pas partout évidentes, et l'on peut penser que la pollution de la Méditerranée nord-occidentale a atteint un niveau tel que plus un seul secteur des côtes continentales n'est épargné.

Nous aurions tort de ne pas nous en inquiéter.

La pollution, ce sont les bouteilles vides, les ferrailles et les plastiques qui jonchent le fond de la mer, y compris dans la Baie de Port-Man ou dans celle de Port-Cros ; par la faute de quelques-uns (car la majorité des usagers déposent heureusement leurs ordures à terre, dans les poubelles prévues à cet effet), le spectacle y est consternant.

La pollution ce sont aussi les substances chimiques (hydrocarbures, détergents, pesticides, plomb, mercure, cadmium, etc.) d'autant plus pernicieuses qu'elles peuvent être totalement invisibles et inodores. L'eau la plus bleue n'est pas toujours la plus innocente.

Les êtres vivants, animaux et végétaux, fixés sur le fond de la mer, intègrent de façon remarquable les caractéristiques physiques et chimiques des eaux qui séjournent ou dérivent au dessus d'eux ; ce sont des *indicateurs* impitoyables de la qualité du milieu, souvent beaucoup plus précis que bien des analyses d'eau.

Ne nous y trompons pas : quand les posidonies meurent, c'est un signe, *un clignotant rouge qui s'allume*.

L'eau où meurent les posidonies est celle qui baigne nos plages ; nous sommes beaucoup plus concernés que nous ne le croyons.



Fig. 50 : Quelques touffes de posidonies survivantes, entourées par de la matte morte : par 2 m de fond, dans la baie de Port-Cros.

En ce qui concerne l'état actuel des herbiers de posidonies autour de la Corse, les connaissances sont encore trop fragmentaires pour qu'une appréciation d'ensemble puisse être formulée. Un important programme de recherches, à l'initiative du Ministère de l'Environnement, du Parc Naturel Régional de Corse et de la D.R.A.E., et sous la responsabilité scientifique des Auteurs, est en cours. Le fait que, cinq ans après la mise en place du balisage de la limite inférieure de l'herbier dans la baie d'Elbo, aucun recul n'ait été décelé, doit être mentionné ; mais il n'a peut-être qu'une valeur locale.

la réimplantation des posidonies : mythes et réalités

L'existence des herbiers pour la vie marine littorale, l'ampleur de leur régression actuelle, et les graves conséquences qui en résultent, ont amené l'homme à tenter des réimplantations.

Des techniques ont été mises au point, aux Etats-Unis et au Canada, à partir de 1947, pour la réimplantation d'espèces dont l'importance est comparable à celle des posidonies : la zostère (*Zostera marina*) et l'herbe aux tortues (*Thalassia testudinum*). Les principes sont relativement simples ; boutures ou jeunes plans issus de graines doivent résister aux mouvements de la mer, et il convient donc de les étayer ou de les protéger : on utilise des grillages, des piquets, ou bien des structures de béton ou de brique. Une liste des techniques utilisables a été établie lors d'un colloque international sur les Phanérogames marines, en 1973.

En Méditerranée, des réimplantations de phanérogames marines ont été réalisées avec succès (COOPER, 1976 ; MEINESZ, 1977 ; MEINESZ et VERLAQUE, 1979 ; CINELLI, 1980 ; JEUDY de GRISSAC, inédit).

Dans le cas des posidonies, le principal problème est celui de la croissance extrêmement lente des rhizomes, de telle sorte que la réimplantation ne peut répondre qu'à un *objectif à long terme*.

Mais avant d'envisager une réimplantation, il convient de répondre à deux questions fondamentales ; où planter ? et dans quel but ?

Il faut en effet préciser que, en l'absence d'une concurrence directe avec l'homme pour l'occupation des fonds, les posidonies ont colonisé, jusqu'à une date récente, la plus grande partie des milieux qui leur étaient accessibles. En d'autres termes, lorsqu'il n'y a pas d'herbiers de posidonies en un lieu, c'est qu'il existe un facteur qui s'oppose à leur installation : dessalure au voisinage de l'embouchure d'une rivière côtière ou d'un fleuve (par exemple dans le Golfe de Fos), gigantesques déplacements de sédiments le long de certaines côtes languedociennes, quantité de lumière insuffisante à partir d'une certaine profondeur — ou bien alors, de plus en plus souvent, une *pollution* excessive.

Les aménageurs qui prétendent compenser l'ensevelissement d'un herbier de posidonies sous un terre-plein artificiel, ou sa destruction dans un port, par la réimplantation en un lieu où elles n'existent pas, font donc preuve d'une grande naïveté (dans le meilleur des cas...) : replanter des posidonies devant l'embouchure d'un fleuve côtier est voué à un échec certain à l'heure actuelle ; replanter des posidonies dans une zone polluée n'est guère plus réaliste aussi longtemps que la source de pollution, cause de leur disparition, n'aura pas été supprimée ; et dans ce dernier cas, il semble en outre que plusieurs années de délais soient nécessaires pour laisser le sédiment "dégorger" les polluants qui s'y sont accumulés.

La comparaison avec les reboisements, en milieu terrestre, ne peut donc être que prudente : sur terre, il existe en effet de vastes territoires potentiellement accessibles à la forêt, à la suite de l'abandon de terres agricoles ou d'incendies ; en milieu marin, il n'y a pas (encore) d'agriculture, donc très peu de fonds potentiellement accessibles mais non occupés par l'herbier ; planter des posidonies dans des zones qu'elles n'occupent pas peut donc revenir à tenter de reboiser l'étage alpin, en très haute montagne, là où les arbres *ne peuvent* se développer.

Trop souvent, au cours de ces dernières années, la possibilité technique de réimplanter ou de transplanter des posidonies a servi d'*alibi* à des opérations d'aménagement littoral : terre-pleins conquis sur la mer, plages alvéolaires, nouveaux ports.

Il appartient donc aux élus et aux responsables administratifs de confronter avec lucidité, cas par cas, l'intérêt des aménagements projetés avec les dommages qui en résultent pour l'environnement, en sachant qu'il n'existe **généralement pas de compensation sérieuse à l'ensevelissement d'un herbier sous un endigage.**

C'est surtout dans les cas où, par exemple à la suite de la suppression d'un rejet d'égout, il convient de reconquérir des fonds d'où l'herbier a été éliminé *par l'action de l'homme* que les techniques de réimplantation se révéleront précieuses : quelle que soit la *lenteur* de cette conquête, il importera en effet de reconstituer, pour les générations futures, le formidable potentiel écologique que représente l'herbier de posidonies

recherches en cours

Comment fonctionne un herbier de Posidonies ?

Pourquoi les Posidonies régressent-elles ?
Que peut-on faire pour y remédier ?

La plupart des questions qui se posent à propos des herbiers de posidonies ne sont encore que partiellement résolues. Les données dont nous faisons état dans ce cahier n'ont bien souvent qu'une valeur locale ; parfois, ce sont des résultats préliminaires de recherches en cours, et toute généralisation est quelque peu imprudente.

Une part importante des recherches qui sont actuellement poursuivies sur les herbiers de posidonies a pour cadre les espaces protégés du littoral méditerranéen : les eaux du Parc National de Port-Cros, du Parc Naturel Régional de la Corse, et de la Réserve Naturelle de Cerbère-Banyuls.

Le Ministère de l'Environnement (Direction de la Protection de la Nature, Mission des Etudes et de la Recherche), directement ou par l'intermédiaire des Conseils Scientifiques et de la Direction des Parcs, ainsi que des Directions Régionales à l'Architecture et à l'Environnement (D.R.A.E.), a joué un rôle déterminant dans la coordination et le financement de ces recherches ; avec en particulier la création du "G.I.S. Posidonie".

Le Centre National pour l'Exploitation des Océans (C.N.E.X.O.) a pour sa part été à l'origine de vastes synthèses bibliographiques (BOUDOURESQUE et coll., 1977, 1979, 1980) réunissant les informations dispersées dans plusieurs centaines de documents et publications d'accès parfois difficile et d'études scientifiques spécifiques.

Dans quelques années, et grâce à ces recherches, il sera certainement possible de mieux répondre à toutes les questions qui se posent.

Que serait la Méditerranée sans les posidonies ? Certainement très **différente** de celle que nous connaissons, mais aussi très **appauvrie**, et cela bien au delà des frontières de l'herbier lui-même.

Nous ignorons encore beaucoup de choses sur les posidonies, mais nous avons maintenant la certitude que la disparition des herbiers de posidonies constituerait une **catastrophe écologique** aux dimensions de la Méditerranée toute entière.

bibliographie

Pour une bibliographie complète sur la posidonie et les herbiers qu'elle constitue, nous renvoyons aux articles suivants :

- BOUDOURESQUE C.-F., GIRAUD G., PERRET M., 1977. *Posidonia oceanica, bibliographie*. CNEXO et Université d'Aix-Marseille 2 - Luminy : 1-191.
- BOUDOURESQUE C.-F., GIRAUD G., PERRET-BOUDOURESQUE M., 1979. Bibliography on vegetation and ecosystems of *Posidonia oceanica*, Part I. *Excerpta botanica*, Germ., 19(2B) : 145-161.
- BOUDOURESQUE C.-F., GIRAUD G., PERRET-BOUDOURESQUE M., 1980. Bibliography on vegetation and ecosystems of *Posidonia oceanica*, Part II. *Excerpta botanica*, Germ., 20(2B) : 125-135.

Nous ne mentionnerons donc ci-dessous que les auteurs auxquels nous avons directement emprunté des données ou des illustrations.

- ASTIER J.-M., 1975. *Ann. Soc. Sci. nat. Archéol. Toulon Var*, Fr., 27 : 120-132.
- AUGIER H., BOUDOURESQUE C.-F., 1967. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 27 : 93-124, 1 carte h.t.
- AUGIER H., BOUDOURESQUE C.-F., 1970. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 30 : 221-228, 1 carte h.t.
- AUGIER H., ROBERT P., MAFFRE R., 1980. *Trav. sci. Parc nat Port-Cros*, Fr., 6 : 69-131.
- BALDISSERA-NORDIO C., GALLARATI-SCOTTI G., RIGONI M., 1967. *Atti Conv. nazione. Attività subacquee*, Ital., 1 : 21-28.
- BAY D., 1978. *Progr. Rep. Stat. Rech. sous-mar. océanogr. La Revelatta*, Belg., 16 : 1-251.
- BAY D., 1979. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 25-26 (4) : 201-202.
- BELLAN-SANTINI D., 1969. *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*, Fr., 47 (63) : 1-294.
- BEND. van der, 1971. *Mém. Inst. roy. Sci. nat. Belg.*, 168 : 1-101.
- BLANC J.-J., 1958. Thèse Doct. Etat, Univ. Paris : 1-140.
- BLANC J.-J., 1974. *C.R. Acad. Sci.*, Fr., 278 : 1821-1823.
- BLANC J.-J., 1975. *Recherches de sédimentologie appliquée au littoral rocheux de la Provence. Aménagement et protection*. CNEXO : 1-164.
- BLANC J.-J. et JEUDY DE GRISSAC A., 1978 *Recherches de géologie sédimentaire sur les herbiers à Posidonies du littoral de Provence*. CNEXO : 1-185.
- BOUDOURESQUE C.-F., 1974. *Bull. Mus. Hist. nat. Marseille*, 34 : 269-283.
- BOUDOURESQUE C.-F., 1980. *Phytocénoses benthiques de la Réserve Naturelle de Scandola*. Parc Naturel Régional de Corse et Lab. Biol. vég. mar. Univ. Aix-Marseille 2 - Luminy : 1-76.
- BOUDOURESQUE C.-F., AUGIER H., BELSHER T., COPPEJANS E., PERRET M., 1975. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 1 : 41-46.
- BOUDOURESQUE C.-F. GIRAUD G., THOMMERET J. THOMMERET Y., 1980. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 6 : 239-242.
- BOUDOURESQUE C.-F., NEDELEC H., SHEPHERD S.A., 1980. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 6 : 243-251.
- BOUDOURESQUE C.-F., THOMMERET J., THOMMERET Y., 1980. *Journées Etud. System. Biogéogr. médit.*, Cagliari, CIESM, Monaco : 139-142.
- BOURCIER M., 1976. Thèse Doct. Etat Univ. Aix-Marseille 2 : 1-50 + 1-161.
- CAYE G., 1980. Thèse Doct. 3^e cycle Univ. Aix-Marseille 2 : 1-121.
- CENTELES J., 1979. *Les dedans de la mer*. Impr. Sofreix, Perpignan : 1-317.
- CLAIREFOND P., JEUDY DE GRISSAC A., 1979. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 5 : 79-104.
- COOPER G., 1976. *Jardinier Mer, Cahier*, 1 : 1-57.
- CRISTIANI G., 1976. Thèse Doct. 3^e cycle Univ. Aix-Marseille 3 : 1-150 + i-ix, 1 carte h.t.
- DREW E.A., 1971. *Underwater Science. An introduction to experiments by divers*. Woods & Lithgoe edit. London : 175-233.
- DREW E.A., JUPP B.P., 1976. *Underwater Research*. Drew, Lithgoe & Woods edit., Academic Press, London : 357-367.

- FAGGIANELLI D.J., COOK E., 1981. *Contribution à l'étude de l'écologie de la saupe (Sarpa Salpa L.) sur la côte occidentale de Corse*. Parc nat. région Corse, Lab. Hydrol. mar. Montpellier et Lab. Biol. vég. mar. Fac. sci. Luminy : 1-92
- FOUCHER M., 1975. Mém. D.E.A. Inst. Aménag. région. Univ. Aix-Marseille 3 : 1-68.
- GAUTIER Y., 1954. *Vie Milieu*, Fr., 1 : 66-70.
- GIRAUD G., 1976. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 2 : 191-193.
- GIRAUD G., 1977a. Thèse Doct. 3^e cycle Univ. Aix-Marseille 2 : i-viii + 1-150.
- GIRAUD G., 1977b. *Botanica marina*, Germ., 20(8) : 487-491.
- GIRAUD G., 1980. *Synthèse cartographique des herbiers de posidonies (Posidonia oceanica) entre Fos-sur-Mer et la Rade d'Hyères*. Rapp. Contrat DCAN Toulon / Univ. Aix-Marseille 2 : 1-43.
- GIRAUD G., BOUDOURESQUE C.-F., CINELLI F., FRESI E., MAZZELLA L., 1979. *G. bot. ital.*, 113(4) : 261-274.
- GIRAUD G., BOUDOURESQUE C.-F., MARCOT J., MEINESZ A., VERLAQUE M., 1977. *Rapp. P.V. Réunion. Commis. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco 24(4) : 131-132.
- HARMELIN J.-G., 1964. *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*, Fr., 35(51) : 43-106.
- HARMELIN J.-G., 1976. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 2 : 189-190.
- HARMELIN J.-G., 1977. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 3 : 210-211.
- HARMELIN J.-G., LABOREL J., 1976. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 2 : 105-113.
- HARMELIN J.-G., TRUE M.-A., 1964. *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*, Fr., 34(50) : 157-160.
- HARTOG C. den., 1970. *The sea-grasses of the world*. North Holland publishing Co, Amsterdam : 1-275
- ISSEL R., 1918. *Biologia marina*. Milano, Ital., : 405-457.
- JEUDY DE GRISSAC A., 1975. Thèse Doct. 3^e cycle Univ. Aix-Marseille 2 : 1-86 + 40 Fig. et 11 tabl. h.t.
- JUPP B.P., 1977. *Internation. J. environment Stud.*, U.K., 10 : 119-123.
- KERNEIS A., 1960. *Vie Milieu*, Fr., 11(2) : 145-187.
- KIKUCHI T., PERES J.-M., 1977. *Seagrass ecosystems, a scientific perspective*. McROY & HELFERICH edit. Dekker inc., New York : 147-193.
- LABOREL-DEGUEN F., LABOREL J., 1977. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 3 : 213-214.
- LIETH H., WHITTAKER R.H., 1975. *Primary productivity of the biosphere*. Springer verlag : 1-339.
- LUMLEY H. de, PILLARD B., PILLARD F., 1969. L'habitat et les activités de l'homme du Lazaret. Une cabanne acheuléenne de la grotte du Lazaret (Nice). *Mém. Soc. préhist. fr.*, 7 : 183-222, 4 pl. h.t.
- MAGGI P., 1973. *Sci. Pêche, Bull. Inst. Pêche marit.*, Fr., 221 : 7-20.
- MARS P., 1954. *Bull. Soc. linn. Provence*. Fr., 18 : 15-18.
- MASSE H., 1968. *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*, Fr., 43(59) : 25-32.
- MEINESZ A., CUVELIER M., LAURENT R., 1981. *Vie Milieu*, Fr., 31(1) : 27-34.
- MEINESZ A., LAURENT R., 1978. *Botanica marina*. Germ., 21(8) : 513-526.
- MEINESZ A., LAURENT R., 1980. *Ann. Inst. océanogr.*, Fr., 56(1) : 45-54.
- MEINESZ A., LEFEVRE J.-R., 1978. *Bull. Ecol.*, Fr. 9(3) : 259-276.
- NEDELEC H., 1982. Thèse Doct. 3^e cycle Univ. Pierre Marie Curie : 1-175.
- NEDELEC H., BEDHOMME A.-L., BOUDOURESQUE C.-F., THELIN I., 1981. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 7 : 197-201.
- NEDELEC H., VERLAQUE M., DIAPOULIS A., 1981. *Rapp. P.V. Réunion. Commis. internation. Explor. sci. Médit.* Monaco, 27(2) : 203-204.
- OTT J.-A., MAURER L., 1977. *Eur. Symp. mar. Biol.* (Oxford, Pergamon Press), 11 : 493-502.
- PANAYOTIDIS P., 1980. Thèse Doct. 3^e cycle Univ. Aix-Marseille 2 : 1-9 + 1-213.
- PARENZAN P., 1970. *Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Vol. 1 Gasteropodi*. Ed. Bios Taras, Tarento, Ital. : 1-283.
- PERGENT G., BOUDOURESQUE C.-F., CROUZET A., 1982. Mise en évidence des variations cycliques dans les écailles de *Posidonia oceanica*. Lab. Ecol. Benthos. Univ. Aix-Marseille 2 Luminy : 1-175.

- PERES J.-M., PICARD J., 1975. *Aquatic Botany*, Netherl., 1(2) : 133-139.
- PICARD J., 1965. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 18(1) : 91-92.
- PERES J.-M., 1953. *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*, Fr., 9(4) : 29-83.
- PERES J.-M., PICARD J., 1964. *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*, Fr., 31(47) : 1-137.
- POTTIER J., 1929. *Ann. Inst. océanogr.*, Fr., 6(3) : 321-362
- REYS J.-P., 1964. *Terre Vie*, Fr., 1 : 94-105.
- RIEDL R., 1970. *Fauna und Flora der Adria*. P. Parey edit. Germ. : 1-702, 11 pl. h.t.
- SAIDANE A., DE WAELE N., VAN DE VELDE R., 1979. *Bull. Inst. nation. sci. techn. Océanogr. Pêche Salammbô*, Tun., 6(1-4) : 133-150.
- TCHERNIA A., POMEY P., HESNARD A., COUVERT M., CIACOBBI M.F., GIRARD M., HAMON E., LAUBENHEIMER F., LICAILLE F., 1978. *Gallia*, Fr., 34 (suppl.) : 1-122.
- THELIN I., BEDHOMME A.L., 1982. Etude des feuilles de *Posidonia oceanica*, dans un herbier à faible profondeur.
- THELIN I., BEDHOMME A.L., BOUDOURESQUE C.-F., LIBES M., NEDELEC H., 1981. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 7 : 137-145.
- TRAER K., 1980. *Echinoderms Present and Past*. M. Jangoux edit., Netherl. : 241-244.
- VERLAQUE M., 1981. *Rapp. P.V. Réunion. Commiss. internation. Explor. sci. Médit.*, Monaco, 27(2) : 201-202.
- VADON C., 1981. *Thèse Doct. 3^e cycle Univ. Pierre Marie Curie* : 1-227 + i-xiii + 4 tabl. h.t.
- ZIBROWIUS H., 1978. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 4 : 171-176.

FIGURES ET PHOTOGRAPHIES

Sauf indication contraire, les figures et les photographies qui illustrent ce cahier sont des auteurs.

remerciements

Cette plaquette a vu le jour grâce à l'aide et aux encouragements du personnel et de la Direction du Parc National de Port-Cros, et en particulier de Jannick OLIVIER, chargé de mission scientifique, Philippe ROBERT, technicien protection de la nature, Eric BINET, directeur-adjoint et André MANCHE, directeur.

Nous remercions la Direction du Parc Naturel Régional de Corse et en particulier Michel LEENHARD, directeur, Jacques LEONI et J. VIVARELLI, directeurs adjoints, pour l'intérêt et la confiance qu'ils nous ont témoignés.

Nous voudrions également dire notre reconnaissance à tous ceux, amis ou collaborateurs, qui ont contribué à enrichir ce texte de résultats inédits, d'idées, d'informations, de documents : le Professeur Roger MOLINIER, pionnier des recherches concernant les herbiers de posidonies, Gérard FERACCI et Roger MINICONI, guides au Parc Naturel Régional de la Corse, Madame CONRAD, conseillère scientifique de la Réserve Naturelle de Scandola, Jean-François AZZOLINA, Anne-Louise BEDHOMME, Jacqueline COQUEUGNIOT, Jean-Georges HARMELIN, Mireille HARMELIN-VIVIEN, Alain JEUDY DE GRISSAC, Jacques LABOREL, Jean-Robert LEFEVRE, Maurice LIBES, Henri NEDELEC, Isabelle THELIN et Marc VERLAQUE.

Le Centre Camille-Julian à Aix-en-Provence (Centre National de la Recherche Scientifique) et la Marine Nationale nous ont aimablement autorisés à utiliser leurs documents photographiques. Les dessins de poissons sont empruntés à l'excellent ouvrage de Jacques LENTELLES.

Achévé d'imprimer
sur les presses de l'Imprimerie Esmenjaud
à Gardanne
en Avril 1983

table des matières

la posidonie super-star	1
rencontre avec la posidonie	3
un peu d'histoire	11
une patrie : la méditerranée	13
l'herbier constructeur de fonds	19
les cartographes de la mer	33
une oasis de vie	43
l'utilisation de la posidonie à travers les âges	57
pour nous servir	59
menaces sur l'herbier	63
la réimplantation des posidonies : mythes et réalités	71
recherches en cours	73